

делении локальной кинетики затвердевания и структурообразования. ФТА успешно апробирован на эвтектическом сером чугуна [4].

### Литература

1. H.Cruz, L.Lopez, B.Campillo, C.Gonzalez-Rivera. Materials Science Forum. Vol.509 (2006), pp. 147-152.
2. M.R.Chavez, A.Amaro, C.Flores, A.Juarez, C.Gonzalez-Rivera. Materials Science Forum. Vol. 509 (2006), pp. 153-158
3. J.C.Baez, C.Gonzalez, M.R.Chavez, M.Castro, J.Juarez. Journal of Materials Processing Technology, Vols.153-154 (2004) pp.531-536.
4. E.Fras, W.Kapturkiewicz, A.A.Burbelko, E.Guzik. Advanced Materials Research, vols. 4-5 (1997), pp.445-452.

УДК 620.18

**Э. В. Захарченко, Л. Ф. Жуков, Е. А. Сиренко**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

E-mail: edzakharchenko@mail.ru

### **МЕТОДЫ, СРЕДСТВА И МАТЕРИАЛЫ СОВРЕМЕННОЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛОГРАФИИ СПЛАВОВ**

Цветная металлография, основанная на интерференционном эффекте тонких пленок на полированной поверхности сплавов, обладает лучшей дифференцирующей способностью, большей чувствительностью к ликвации, ориентации зерен и напряженному состоянию по сравнению с черно-белой металлографией. Она добавляет новые функции для традиционной металлографии и имеет перспективы широкого применения для изучения структур затвердевания и твердофазных превращений литых сплавов.

Решающее влияние на цветовой эффект оказывают три следующих фактора: состав реагента для травления, температура травления и время (длительность) травления. Известно много методов цветной металлографии, использующих поляризованный свет, химическое осаждение (метод травления), постоянный потенциал, вакуумные покрытия, ионное напыление, тепловое окрашивание. Метод травления горячими щелочами – самый простой и удобный из их числа. Например, в области чугунов цветная металлография с использо-

ванием метода травления горячими щелочами имеет следующие преимущества: выявляет особенности развития процесса затвердевания; выявляет структуру затвердевания при высоких температурах и одновременно трансформацию фаз при пониженных температурах; визуально и быстро выявляет микроликвацию; метод характеризуется высокой чувствительностью. Для изучения процесса зарождения и роста графитной фазы в чугунах цветное травление дополняется структурно-закалочным методом. Наконец, если цвета будут предварительно прокалиброваны на электронном микроанализаторе, этот метод станет полуколичественным или полностью количественным.

Состав, приготовление и назначения реагентов. Щелочной реагент для горячего травления состоит из гидрата натрия (NaOH), гидрата калия (KOH), пикриновой кислоты  $[\text{HO}\cdot\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_3)_2]$  и дистиллированной воды (см. таблицу).

Номер реагента	Состав реагента для чугунов				Режим травления	
	NaOH, г	KOH, г	Пикриновая кислота, г	Дистиллированная вода, мл	Температура, °C	Время мин
1	28	1	4	200	95-100	10-30
2	100	-	8	200	95-100	1,5-4
3	20	3	4	200	65	10-65
4	40	160	40	200	120	1-1,5
5	28	56	28	200	95-100	1,5-3

Реагент 1 имеет умеренную щелочность и мягкую реакцию; образующиеся цвета обладают хорошей цветовой градацией (постепенностью перехода от одного цвета к другому); реакция – медленная, время травления – длительное и его легко изменять. Реагенты 2 и 4 – сильно щелочные, реакция бурная, резкие цвета могут быть получены за короткое время. Реагенты 2 и 4 наиболее подходят для травления низкокремнистых чугунов. Реагент 5 вызывает бурную реакцию, имеет короткое время травления и особенно подходит для травления чугунов с шаровидным графитом, содержащих алюминий. Реагент 3 имеет меньшую щелочность по сравнению с Реагентом 1; требует более низкую температуру травления; пригоден для изучения невооруженным глазом макроморфологии затвердевания при малых увеличениях.

Процедура приготовления травильного реагента состоит в следующем. Первым в воду добавляется NaOH и перемешивается для ускорения растворения;

затем добавляется пикриновая кислота и перемешивается для получения однородного раствора. Однородный раствор нагревают до нужной температуры (лучше всего нагрев выполнять в ванне постоянной температуры) и затем погружают образец металла в раствор. После выдержки образца при постоянной температуре в течение заданного времени вынуть образец, промыть дистиллированной водой, затем тщательно смыть воду чистым этиловым спиртом. Образец после высушивания готов для металлографического исследования.

Особенности травления образцов. Время травления при постоянной температуре оказывает сильное влияние на скорость образования тонкой интерференционной пленки на полированной поверхности образца. При увеличении длительности травления цвет пленки постепенно изменяется и показывает развитие процесса выявления структуры изучаемого образца. Последовательность изменения цвета интерференционной пленки: коричневый, синий, светло-синий, светло-желтый, желто-коричневый, оранжевый, сине-зеленый, красно-желтый.

Гарантией однозначного результата служит хорошо контролируемая температура травильного раствора. Чем выше температура, тем более коротким должно быть время травления. Для обеспечения хорошего цветового контраста для различных образцов или получения того же самого либо подобного цвета для определенной фазы необходимо поддерживать постоянство температуры при изменении времени травления. Для определенной структуры время, необходимое для достижения определенного цвета зависит от химического состава сплава (в случае чугунов — от содержания кремния). Для образцов, щелочное травление которых затруднено, рекомендуется предварительное травление обычными реагентами для повышения активности поверхности; это может ускорить образование интерференционной пленки.

В отделе термометрии и физико-химических исследований ФТИМС НАН Украины метод цветной металлографии с использованием травления горячими щелочами усовершенствован применительно к термографическому экспресс-анализу структуры и химического состава чугунов.