

**Э. В. Захарченко, Е. А. Сиренко**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

e-mail: [thermoexp@inbox.ru](mailto:thermoexp@inbox.ru)

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛОГРАФИИ ЧУГУНА**

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 использованием 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** [1]. 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	Врем, 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 ин-

терференціонної плівки: коричневий, синій, світло-синій, світло-жовтий, жовто-коричневий, оранжевий, синьо-зелений, червоно-жовтий.

Гарантією однозначного результату служить добре контролювана температура травильного розчину. Чим вище температура, тим більше коротким повинно бути час травлення. Для забезпечення хорошого кольорового контрасту для різних зразків або отримання того ж самого або подібного кольору для певної фази необхідно підтримувати постійність температури при зміні часу травлення. Для певної структури час, необхідний для досягнення певного кольору залежить від хімічного складу сплаву (в разі чавунів - від вмісту кремнію). Для зразків, щелочне травлення яких ускладнено, рекомендується попереднє травлення звичайними реагентами для підвищення активності поверхні; це може прискорити утворення інтерференціонної плівки.

### Література

1. Zhou Jiyang. Colour Metallography of Cast Iron. – CHINA FOUNDRY. – 2009 – 2009-2011 (Serial Report)

УДК 621.745.55

**В. Г. Іванов, В.В. Луньов**

Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя

### **ГРАФІТИЗУЮЧЕ МОДИФІКУВАННЯ ЧАВУНІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ТИТАНУ**

При виплавці титанового шлаку методом карботермічного збагачення ільменітового концентрату утворюється побічний продукт, що уявляє собою залізовуглецевий сплав. Цей побічний метал (ПМ) накопичується у значних кількостях та потребує утилізації. Внаслідок дефіцитності в Україні металобрухту є актуальним вивчити можливість використання ПМ при виготовленні виливків різноманітного призначення.

Вивчали вплив добавки ПМ на структуру сірих чавунів. Плавку чавуну проводили у індукційній печі ІСТ-0,01. У якості шихти використовувався попередньо виплавлений чавун заевтектичного складу (мас. частка, %): 3,72 С; 3,87 Si; 0,3 Mn; 0,038 P; 0,081 S. Після розплавлення чавуну у нього додавали 20% ПМ. Хімічний склад ПМ