Доклады Академии наук СССР
1972. Том 207, № 1

УДК 669.018.45:66.065.5.001.8

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. И. КАШИН, Д. Я. СВЕТ, В. Г. АФОНЬКИН,
Е. Л. КЛИБАНОВ, В. Г. СЕМЕНОВ

НОВЫЙ МЕТОД ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

(Представлено академиком Н. В. Агеевым 24 I 1972)

Изучение процессов кристаллизации металлов с температурой плавления выше 2000° С контактными методами практически невозможно. Для оптических методов пирометрии эта задача также представляет ряд серьезных трудностей.

Метод образования в исследуемом образце полости с «абсолютно черным излучением» ([1]) в лучшем случае позволяет определить температуру «начала плавления» при нагреве. Естественно, что осуществление полости из самого исследуемого металла при температуре выше температуры плавления невозможно. Создание же термостойких полостей типа абсолютно черного тела, не взаимодействующих при столь высоких температурах с расплавом, также пока осуществить не удается даже на время одного измерения.

Наибольшие трудности, а вместе с тем и практический интерес представляет решение этой проблемы при дуговом нагреве, где процесс кристаллизации можно наблюдать оптическими средствами за весьма короткий промежуток времени после выключения дуги. Быстродействия современных фотоэлектрических приемников излучения и осциллографических устройств достаточно для регистрации указанных процессов, протекающих за доли секунды. Однако для оптической пирометрии процесс кристаллизации металлической поверхности представляет еще дополнительные принципиальные трудности. Связано это с тем, что в процессе перехода металла из жидкого в твердое состояние изменяется коэффициент спектральной лучеиспускательной способности. Исследования кристаллизации металлической ванны в вакууме и контролируемой атмосфере при индукционном нагреве показали, что влияние изменения коэффициентов лучеиспускательной способности может быть исключено в методах пирометрии по относительному распределению спектральной плотности энергии излучения ([2]). Бихроматическая пирометрия по отношению двух потоков излучения и была положена также в основу описываемого ниже термографического метода исследования.

Исключение влияния дуги обеспечивалось ее выключением. Момент потухания дуги и начало измерения температуры капли расплава были синхронизированы. Дуговая печь с контролируемой атмосферой была стабилизирована газом. Рабочий объем установки перед началом опыта откачивали до давления 10^{-3} мм рт. ст. и заполняли очищенным аргоном до давления 100—760 мм рт. ст. Исходные образцы из штабиков вольфрама * весом 12 г плавили при токе 230—330 а и напряжении на дуге 10—20 в. Для измерения температуры был использован оптико-электронный датчик автоматического двухволнового фотоэлектронного пирометра ПИРЭД-5 ([3]), переработанный для регистрации температуры быстропротекающих про-

* С суммарным содержанием примесей не более 0,3%.

цессов. Применение специально выпускаемого для цветовой пирометрии мультищелочного фотоэлемента Ф-15 с узкополосными комбинациями светофильтров позволило обеспечить значения эффективных длин волн $\lambda_1 = 0{,}47$ μ и $\lambda_2 = 0{,}63$ μ, т. е. значение эквивалентной длины волны $\Lambda_э = \lambda_1\lambda_2 / \lambda_2 - \lambda_1 = 1{,}85$ μ соответственно. Это, в свою очередь, позволило обеспечить требуемую точность измерений и учесть температурные поправки на нечерноту излучения для вольфрама ([4]).

Пары импульсов напряжения с амплитудами, пропорциональными обеим спектральным лучистостям, с частотой 50 гц подавались на электронный осциллограф и фиксировались кинокамерой. Запаздывание одного импульса относительно другого для каждой пары составляло не более 2 мсек, что для данных условий оказалось вполне допустимым. Угол визирования прибора составлял $^1/_{100}$ при диаметре излучающей площадки 3 мм.

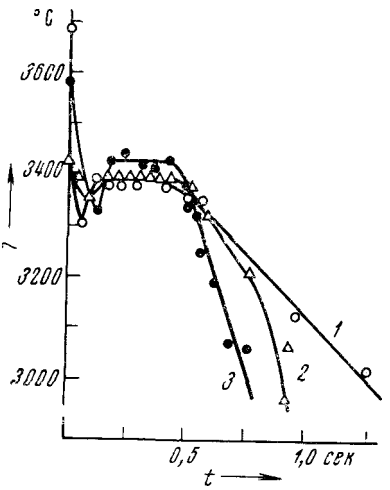

Рис. 1. Результаты термографического исследования кристаллизации вольфрама в аргоне (*1*, *3*) и гелии (*2*)

Градуировка проводилась по образцовым излучателям ВНИИМа Госстандарта СССР *.

Фотографирование термограммы с экрана осциллографа осуществлялось на стандартной кинопленке при скорости 24 кадра в секунду. Последующая обработка производилась на измерительном микроскопе.

Результаты применения рассмотренного метода для исследования охлаждения расплавленного вольфрама приведены на рис. 1. Очевидна корреляция между величиной скорости охлаждения жидкого металла и степенью его переохлаждения (20—80° С). Измеренная температура плавления вольфрама составляет 3385—3415° С, что соответствует литературным данным ([5], [6]). Суммарная погрешность измерения не превышает ±1%. Полученные результаты отражают также влияние чистоты используемого материала. Так, при недостаточной дистилляции вредных примесей обнаруживается некоторый интервал кристаллизации для вольфрама. При последующем трехкратном переплаве этого же образца этот интервал исчезает. Аналогичные результаты были получены для молибдена.

Институт металлургии им. А. А. Байкова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
1 7 I 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. Юм-Розери, Дж. Христиан, В. Пирсон, Диаграммы равновесия металлических систем, 1956. [2] А. М. Самарин, Д. Я. Свет, Экспериментальная техника и методы исследований при высоких температурах, Изд. АН СССР, 195[illegible] [3] Д. Я. Свет, В. Г. Афонькин и др., Приборы и средства автоматизации, № [illegible] (1961). [4] Т. Ритгоф, В. Д. Экчион, Е. Р. Бреньян, Изучение спектральных коэффициентов черноты излучения при высоких температурах для некоторых тугоплавких металлов и карбидов. Сборн. Основные понятия и современные методы измерения температур, М., 1967. [5] Г. В. Самсонов, Я. С. Уманский, Твердые соединения тугоплавких металлов, 1957, стр. 12. [6] Р. Б. Котельников, С. Н. Башлыков и др., Особо тугоплавкие элементы и соединения, М., 1969, стр. 2[illegible]

* Правильность градуировки выше 2800° С проверялась также с помощью разработанного ИМЕТ метода экстраполяции. Совпадение обоих методов градуировки в диапазоне до 4000° С оказалось не хуже ±5° С.