

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕНТГЕНОВСКОЙ МИКРОРАДИОГРАФИИ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ И СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ ПОКРЫТИЯ
ИЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА МЕТАЛЛА

А.И. Громов, Ю.А. Меркульев, Н.И. Стоенко, И.В. Платэ

Экспериментально доказано, что можно одновременно проводить измерение толщины и средней плотности покрытия на капиллярах и сферах. Показано, что прямое осаждение ультрадисперсных частиц металла из потока на вращающееся изделие позволяет получить среднюю плотность почти в сто раз меньше плотности исходного металла.

Низкая температура плавления, высокая поверхностная энергия и другие свойства частиц металла диаметром от нескольких десятков до сотен ангстрем (ультрадисперсного порошка — УДП) используются при создании эффективных теплообменников для криогенной техники, особых сплавов и пр. [1 — 3]. Электронная микроскопия массива частиц УДП показала, что частицы образуют цепочки, цепочки формируют клубки. Однако малый диаметр частиц и особенности их спекания не позволяют проследить за динамикой процесса. Такой порошок обладает плотностью в пять, десять раз меньшей, чем насыпная плотность крупного порошка того же металла.

Целью данной работы являлась разработка метода рентгеновского контроля средней плотности покрытий образцов ультрадисперсными порошками — металлической сажой. В качестве образцов использовались капилляры и микросферы диаметром от 200 до 1000 мкм. Покрытие наносилось в установке для изготовления УДП на вращающиеся капилляры или вращающиеся и качающиеся микросферы, приклеенные к капилляру. УДП получался при обдувании перегретой металлической капли потоком инертного газа. Образцы размещались на расстоянии 0,5 м от горячей капли в потоке газа, несущего УДП металла. Эксперименты



Рис. 1. Микрорентгенограмма образца.

проводились с медью, т.к. УДП меди — не пирофорен. Процедура нанесения была одинаковой для всех образцов. Время напыления изменялось от одной до восьми минут. После нанесения слоя образцы крепились в специальном кольцевом держателе, позволяющем предохранить их от касания рук или ударов. Держатель совмещался с фотопластинкой ВР-П с разрешением 1600 лин/мм, и вставлялся в кассету для рентгеновского экспонирования. Расстояние образцов от фотоматериала не превышало 1 мм.

Точечным источником рентгеновского излучения являлась трубка БС-5 рентгеновского микроскопа-анализатора МИР-3 с диаметром излучающего пятна 5 мкм. Напряжение на аноде было подобрано к условиям эксперимента и составляло 15 кВ. Расстояние от источника рентгеновского излучения до кассеты с

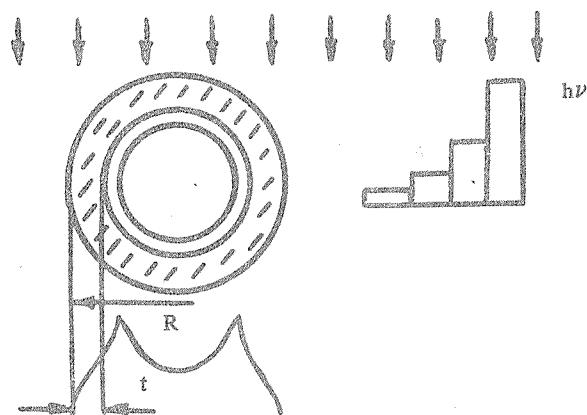


Рис. 2. Схема получения рентгеновского изображения образца с эталонным клином и измерения параметров слоя.

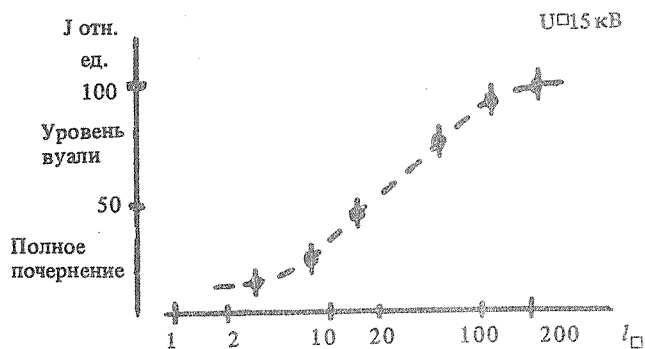


Рис. 3. Зависимость степени почернения от толщины слоя (пропись с негатива).

образцами составляло 0,15 м. Время экспонирования $10^4 - 10^5$ с. Фотопластинки проявлялись и затем переснимались с увеличением до 140 раз. На рис. 1 показан один из образцов.

На рис. 2 показана схема получения рентгеновского изображения, в которой изучается геометрическая микроструктура, в данном случае необходимо определить эффективную плотность материала, т.е. произвести не относительные, а абсолютные измерения ослабления рентгеновского излучения.

Чтобы уменьшить ошибку измерений при каждом экспонировании размещался эталон в виде слоев медной фольги толщиной 3,5; 7,0; 14,0; 50; 100 мкм и снималась кривая почернения фотоматериала в

зависимости от толщины ослабления в меди (рис. 3). Из сравнения эталонной кривой с экспериментальными данными определялась эффективная толщина меди l .

Эффективная плотность ρ УДП меди определялась из формулы $\rho = \rho_0 l / l_0$, где ρ_0 — плотность меди, l_0 — толщина образца.

Для данных образцов $l_0 = 100 \div 200$ мкм. Полученные значения l находились в интервале от 3,5 до 5,0 мкм. Таким образом, плотность покрытия из УДП меньше плотности меди в 30 — 50 раз.

Отметим, что развитый метод изготовления образцов со слоями из ультрадисперсных частиц металла и рентгеновский метод контроля плотности и толщины слоя позволяют исследовать процессы старения УДП и динамику спекания. Получение образцов со слоями металла с плотностью в сто раз меньшей исходной дает возможность проведения экспериментов по ударному сжатию до значений, которые недоступны для сплошных металлов [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Морохов И. Д., Трусков Л. И., Чижик А. С. Ультрадисперсные металлические среды. М., Атомиздат, 1977.
2. Петров Ю. Н. Физика малых частиц. М., Наука, 1982.
3. Иванов Г. В. и др. ДАН СССР, 275, № 4, 873 (1984).
4. Кормер С. Б. ЖЭТФ, 42, 686 (1962).
5. Калиткин Н. Н., Кузьмина Л. В. Препринт ИПМ АН СССР № 175, М., 1986.

Поступила в редакцию 25 ноября 1987 г.