

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 662.612.3

А. В. СУСЛОВ, Э. Л. ДРЕЙЗИН, М. А. ТРУНОВ

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ОКИСЛЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ
ГОРЯЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

Горение металлических частиц сопровождается процессами, приводящими к изменению их фазового состава, например на поверхности может нарастать окисная пленка или осаждаться слой конденсированной дисперсной фазы продуктов сгорания. Возможно также объемное растворение газа, в частности, окислителя, существенно изменяющее картину горения. В настоящей работе рассматривается методика исследования фазового состава горящих частиц, потушенных при фиксированных временах горения.

Тушение горячей частицы в заданный момент времени и последующее изучение фазового состава металлографическим способом по ее микрошлифу дает информацию о толщине окисной пленки и позволяет установить состав и объемную долю содержащихся в частице примесей. Для получения достоверной информации важно осуществить тушение частицы за время τ , меньшее характерного времени изменения ее фазового состава, в первом приближении τ должно быть намного меньше времени горения τ_r ($\tau \ll \tau_r$).

Частицу можно потушить при резком снижении ее температуры либо уменьшением концентрации окислителя. Требуемая скорость охлаждения достигается при контакте частицы с жидким или твердым хладагентом. Однако соударение частицы с твердой подложкой приводит к значительным деформациям, затрудняющим интерпретацию данных металлографического анализа. Использование жидкого хладагента затруднено тем, что на поверхности пленки, контактирующей с горячей частицей, наблюдается пленочное кипение, препятствующее ее погружению.

Уменьшить концентрацию окислителя у поверхности горячей частицы возможно при ее обдуве потоком инертного газа. Однако в этом случае время τ становится значительным в связи с увлечением частицы граничной зоной потока, в которой не определена концентрация окислителя. Особенно важно это обстоятельство для малых частиц, обладающих высокой степенью увлекаемости и имеющих достаточно малые времена горения.

Объединить преимущества обоих методов тушения представляется возможным, организовав горение движущейся частицы в цилиндрическом сосуде, разделенном на две части тонкой пленкой поверхностно-активного вещества (ПАВ). При этом с одной стороны пленки ПАВ находится окислительная газовая среда, в которой движется горящая частица, а с другой — инертный газ. В обеих частях сосуда устанавливаются равные давления. Положение пленки ПАВ фиксируется на заданном уровне в сосуде. Таким образом, осуществляется формирование резкой границы между окислительной и инертной средой, позволяющей определить момент прекращения процессов горения. Частица движется перпендикулярно плоскости пленки, пробивает ее и попадает в среду инертного газа. При таком тушении и $\tau \ll \tau_r$ форма и фазовый состав частицы остаются неизменными и несут информацию об изучаемой стадии горения.

Для оценки τ рассматривалось диффузионное проникновение окислителя в инертный газ. Характерный размер сосуда $H \gg r$, где r — радиус частицы. Выполнение этого условия позволило использовать задачу о проникновении газа из одного полупространства в другое. Границей, разделяющей полупространства, считалась плоскость пленки ПАВ. Тогда для концентрации окислителя c справедлива формула

$$c(x, t) = \frac{c_0}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(-\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right],$$

где c_0 — концентрация окислителя в активной среде; D — коэффициент диффузии; x — координата, измеренная вдоль линии движения частицы; t — время; erf — интеграл ошибок.

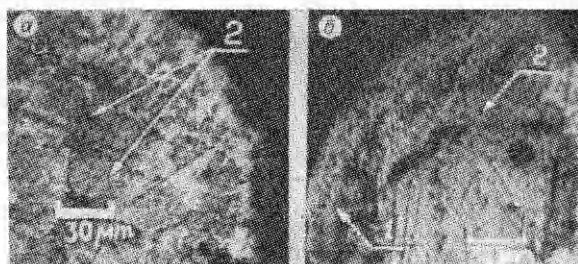
Оценивая время тушения временем попадания частицы в область, где концентрация окислителя на порядок меньше начальной, получаем

$$\tau = [1/v \cdot (\sqrt{D} + \sqrt{D + 2rv})]^2,$$

v — скорость частицы. Для частиц с характерным размером 100 мкм при $v \sim 1$ м/с время тушения в инертной среде составляет ~ 100 мкс, что обеспечивает выполне-

Микрошлифы медных частиц, полученных при температуре в момент тушения $T = 2000$ (а) и 1500°C (б).

1 — окисная пленка, 2 — внутреннее включение.



ные условия $\tau \ll \tau_g$, так как изучаемые времена горения равны десяткам и сотням микросекунд.

Описанная методика применена для исследования механизма температурных скачков, наблюдающихся при горении медных частиц [1]. Установлено, что медная капля, разогретая при поджигании до температуры 2400°C интенсивно растворяет кислород, который затем выделяется в виде типичных сферических включений закиси меди (см. рисунок). Показано, что температурные скачки являются следствием экзотермической химической реакции, протекающей в объеме частицы с участием растворенного кислорода при монотектическом формировании Cu_2O из раствора кислорода в меди.

Резюмируя, отметим эффективность предложенной методики к исследованию процессов горения движущихся металлических частиц и простоту ее реализации. Область применения методики может быть расширена для изучения процессов последовательного горения частиц в различных средах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суслов А. В., Дрейзин Э. Л., Трунов М. А. Исследование горения монодисперсных металлических частиц, полученных в импульсной дуге // ФГВ.— 1990.— 26, № 4.— С. 25—27.

г. Одесса

Поступила в редакцию 13/XII 1990

УДК 534.411

С. С. БАЦАНОВ, В. А. ВАЗЮЛИН, Л. И. КОПАНЕВА,
И. И. МАКСИМОВ, В. А. МОРОЗОВ, С. Л. ФОМИН, А. С. ШМАКОВ

УДАРНОЕ ПРЕССОВАНИЕ АЛМАЗНОГО ПОРОШКА

Описанный в [1, 2] метод динамико-статического сжатия в настоящей работе применен для взрывного прессования алмазного порошка.

Взрывные эксперименты проводились по цилиндрической схеме с использованием ВВ, имеющего скорость детонации 7,6 км/с. Для оценки динамического давления измерены скорости ударной волны по оси ампулы под таблеткой из алмазного порошка электроконтактными датчиками. Первый датчик размещался на расстоянии 2 мм от таблетки, второй — в 6 мм от первого. Боковые зазоры изолировались эпоксидной смолой. Временной интервал между моментами замыкания двух датчиков измерялся частотомером 43-63 и осциллографом С8-12. Среднее значение временного интервала между измерениями составляет $0,75 \text{ мкс} \pm 6\%$. Этому значению соответствует скорость ударной волны 8 км/с. Сопоставление скорости детонации ВВ и данной величины показывает, что прессуемый образец находится на нестационарном участке взаимодействия ударных волн.

На стадии динамической разгрузки включалось статическое давление, интенсивностью 15 кбар, которое сохранялось в течение часа. В результате последовательного действия динамического и статического давлений алмазный порошок был спрессован в монолитный брикет плотностью $3,32 \text{ г/см}^3$ и микротвердостью по Виккерсу 5000 единиц. Рентгенограмма полученного изделия не отличается по своим характеристикам от исходного порошка, за исключением некоторого сужения линий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бацианов С. С., Болховитинов Л. Г., Мартынов А. И. // Письма в ЖТФ.— 1990.— 16, № 3.— С. 53.
2. Бацианов С. С., Василевский С. В., Гурьев Д. Л. и др. // Хим. физика.— 1991.— 10, № 2.

п. Менделеево

Поступила в редакцию 24/I 1991