

05;07;12

©1993

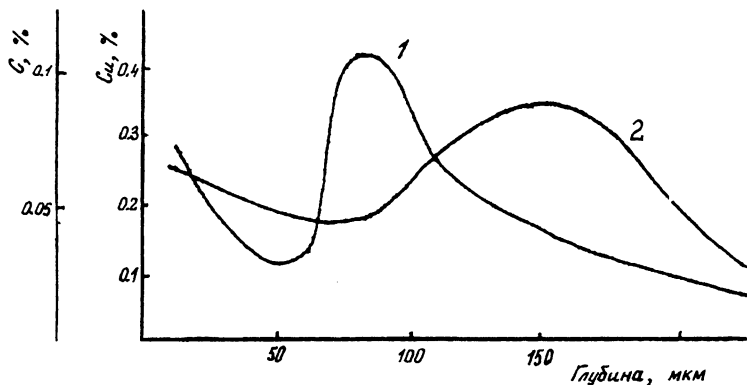
МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛАХ ПРИ КРОТКОИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

А. Н. Бекренев, А. В. Камашев, В. А. Путилин

Массоперенос в металлах, подвергнутых ударно-волновому нагружению, исследован многими авторами [1-5]. Однако лишь небольшое число работ посвящено изучению массопереноса при лазерно-индуцированном ударном воздействии [4,5]. В данном письме сообщается о некоторых особенностях этого явления, имеющих принципиальное значение для объяснения механизма массопереноса и для определения его коэффициента D .

Нами были проведены две серии опытов. В первой исследовался массоперенос меди в никеле. Образцы из технического чистого никеля после предварительной полировки и отжига в вакууме покрывались слоем меди толщиной ~ 1 мкм посредством вакуумного напыления. После этого их со стороны слоя меди подвергали воздействию моноимпульсов рубинового лазера с модулированной добротностью. Плотность мощности поглощенного излучения составляла $10^9 - 10^{10}$ Вт/см², а длительность импульса $\tau = 30$ нс. При этом давление в лазерно-индуцированных ударных волнах, согласно расчету по методике [6], составило ~ 20 ГПа. Скорость нагружения оценивалась как $\sim 10^7$ с⁻¹.

После облучения образцы разрезались по диаметру пятна для исследования приповерхностных слоев в зоне воздействия. С целью исключения возможного шаржирования поверхности микрошлифа частицами меди в процессе механического полирования проводилась дополнительная химическая полировка поверхности микрошлифа.



Распределение элементов в исходных матрицах по глубине облученной зоны: 1 — меди в никеле, 2 — углерода в железе.

Далее был осуществлен количественный микрорентгеноспектральный анализ распределения меди в никеле по глубине облученной зоны на микроанализаторе "Суперпроб-739". В образцах после лазерного воздействия была хорошо выявлена зона твердого раствора меди в никеле. В распределении меди наблюдался четко выраженный максимум на глубине около 80 мкм от поверхности (см. рисунок, кривая 1). Глубина залегания пика была на порядок величины больше, чем в экспериментах по массопереносу, инициируемому взрывным нагружением [3].

Во второй серии опытов исследовался массоперенос углерода в железе. Подготовка образцов из технически чистого железа была аналогичной. Навесение слоя углерода толщиной ~ 1 мкм также осуществлялось посредством вакуумного напыления.

Экспериментально полученные данные по распределению углерода в железе по глубине зоны лазерного воздействия представлены на рисунке (кривая 2). Концентрационный пик в этом случае расположен на глубине 150–180 мкм. Характер концентрационного пика более размытый, чем в случае распределения меди в никеле.

Наличие концентрационных пиков в распределениях меди в никеле, а также углерода в железе, по мнению авторов, указывает на тот факт, что перенос вещества и в том и в другом случае осуществляется непосредственно фронтом лазерно-индуцированной ударной волны. Приближенный расчет показывает, что за время лазерного импульса ($\tau = 30$ нс) фронт ударной волны (скорость $S > 6 \cdot 10^3$ м/с) переместится на расстояние $l > 180$ мкм. Глубина залегания концентрационных пиков меди в никеле и углерода в железе имеет тот же порядок величины.

Оценка коэффициента массопереноса по формуле

$$D = \frac{Z^2}{4t}, \quad (1)$$

где Z — глубина залегания пика, t — время пробега по толщине образца лазерно-индуцированной ударной волны ($t \sim 1$ мкс), показывает, что и в том и в другом случае он имеет аномально высокое значение ($D \sim 10^2$ см²/с). По-видимому, использование в данном случае традиционного выражения (1) не вполне корректно.

Поскольку в настоящее время отсутствует общепринятая точка зрения на определение коэффициента недиффузионного массопереноса, авторы считают необходимым оставить этот вопрос открытым.

Список литературы

- [1] Лариков = Л.Н. // Изв. АН СССР. Металлы. 1982. Вып. 2. С. 69–75.
- [2] Павлович В.Н. // Металлофизика. 1982. Т. 4. Вып. 6. С. 86–91.
- [3] Крестелев А.И., Бекренев А.Н. // ФХОМ. 1985. Вып. 2. С. 58–60.
- [4] Гуревич М.Т., Лариков Л.Н., Мазанко В.Ф. и др. // Металлофизика. 1986. Т. 3. С. 80–83.
- [5] Мазанко В.Ф., Погорелов А.Е. // Металлофизика. Т. 6. Вып. 4. С. 108–109.
- [6] Анисимов С.И., Кравченко В.А. Препринт ИТФ АН СССР. 1984. 15 с.