

## ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА ПАРЫ МЕТАЛЛОВ, СЖАТЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

В. С. Илюхин, В. Н. Кологривов

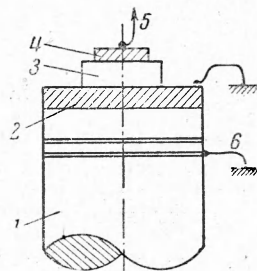
(Москва)

При прохождении ударной волны вещество подвергается быстрому адиабатическому сжатию и разогревается. Если ударная волна проходит через поверхность раздела двух металлов, дающих термоэлектрический эффект, то должна возникать э. д. с., обусловленная главным образом разогревом.

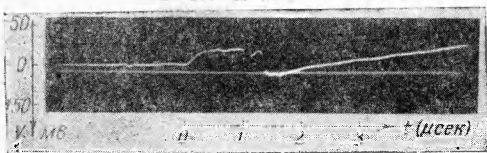
Влияние давления на величину э. д. с. невелико [1]. В связи с этим появляется возможность измерения температуры вещества, сжимаемого ударной волной, по величине возбуждаемой э. д. с.

Была предпринята попытка подобных измерений с парой медь — никель. Схема опытов представлена на фиг. 1. Плоская ударная волна возбуждалась в пластинке из

Фиг. 1. Схема: 1 — заряд прессованного взрывчатого вещества диаметром 40 мм с линзой, формирующей плоскую детонационную волну; 2 — круглая пластинка из красной меди диаметром 40 мм и высотой 5 мм; 3 — круглая никелевая пластинка диаметром 20 и 10 мм с высотой 2,5, 5 и 10 мм; 4 — электрод из красной меди, который представлял собой либо круглую пластинку, либо проволочку; 5 — на вход осциллографа; 6 — на схему запуска осциллографа



красной меди 2 за счет детонации заряда 1. Через некоторое время фронт ударной волны достигал поверхности никелевой пластинки 3, припаянной к медной пластинке. К никелевому образцу был припаян электрод из красной меди 4. Возникающий сигнал регистрировался на осциллографе ОК-17 М, развертка которого запускалась примерно за 1 мкс до возбуждения ударной волны в пластинке 2. Одна из осциллограмм представлена на фиг. 2. В момент выхода ударной волны на поверхность контакта меди и никеля возникает отрицательный электрический сигнал, амплитуда которого либо спадает, либо



Фиг. 2. Экспериментальная осциллограмма; заряд из прессованного тротила плотности 1.59

остается приблизительно постоянной до тех пор, пока ударная волна не пройдет весь никелевый образец. В тот момент, когда (по расчетам) фронт ударной волны достигает второй поверхности раздела никеля и меди, амплитуда импульса резко спадает до нуля и меняет знак. На некоторых осциллограммах перед спадом наблюдался резкий выброс (фиг. 2). Контрольные опыты подтвердили, что передний фронт импульса на осциллограмме возникает именно в момент выхода ударной волны на поверхность контакта меди и никеля.

Для измерения амплитуды э. д. с. была произведена градуировка осциллографа. На вход кабеля вместо импульса э. д. с. при взрыве подавался синусоидальный сигнал с частотой 1 мегагерц от генератора ГСС-6; эффективное значение напряжения на входе кабеля измерялось вольтметром МВЛ-2М. При построении градуировочного графика эффективные значения напряжения пересчитывались в амплитудные.

Было проведено две серии опытов с разными зарядами, возбуждавшими ударную волну. В первой серии (двадцать опытов) использовались прессованные тротиловые заряды с плотностью 1.59; в этом случае в области контакта меди и никеля имело место давление на фронте ударной волны 30000 атм [2].

Во второй серии (шесть опытов) использовались заряды из смеси талька с тротилом, которые создавали ударную волну с давлением на фронте (после прохождения медной пластинки) — 130000 атм.

Для максимальной амплитуды э. д. с. в первом случае получено значение  $39 \pm \pm 10$  мв, во втором случае  $26 \pm 10$  м (указана средняя погрешность отдельного измерения). Довольно большой разброс в значении э. д. с. объясняется, по-видимому, несовершенством поверхности контакта между электродами.

Из опытов Банди [3] следует, что изменения э. д. с. за счет давления в случае пары никель — медь меньше или около погрешности измерений. Используя зависимость э. д. с. пары от температуры [2], находим, что во втором случае при давлении на фронте ударной волны 130000 атм зарегистрирована температура около 1000° С. В первом случае температура выше, однако в литературе сведений о таких больших значениях термоэлектродвижущей силы, по-видимому, нет.

Если предположить линейную зависимость термоэлектродвижущей силы от температуры, то, экстраполируя график [2], найдем, что в первом случае зарегистрирована температура 1600° С. Полученные температуры разогрева спая оказались довольно высокими.

В литературе нет данных по уравнению состояния, которые позволили бы рассчитать для использованных металлов температуру разогрева и сравнить с измеренной. Однако в теоретических работах [4,5] считается, что разогрев таких веществ, как металлы под действием ударной волны с давлением на фронте порядка  $10^3$  атм, должен быть значительно меньше измеренного нами.

Ряд дополнительных опытов, поставленных для определения влияния неодинаковой сжимаемости использованных металлов, а также измерения э. д. с. при сжатии ударной волной каждого из металлов в отдельности, не объясняют столь высокого значения измеренной э.д.с. Предполагаем, что полученные значения температур близки к истинным температурам разогрева спая ударной волной.

Поступила 23 VI 1962

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bundy F. P. Effect of Pressure on emf of Thermocouples. J. Appl. Phys., 1961, 32, 3, 483.
2. Славинский М. П. Физико-химические свойства элементов. Metallurgizdat, 1952.
3. Илюхин В. С., Похил П. Ф. и др. Измерение ударных адиабат литого тротила, кристаллического гексогена и нитрометана. ДАН СССР, 1961, т. 131, № 4.
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошных сред. М., Гостехиздат, 1953.
5. Зельдович Я. Б. Компанец А. С. Теория детонации, М., Гостехиздат, 1955.

#### МОДУЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ

Я. А. Крафтмахер

(Новосибирск)

Разработан модуляционный метод измерения теплоемкости металлов в широком интервале температур. Использованы компенсационная схема и синхронное детектирование сигнала, что позволило получить высокую чувствительность при малой амплитуде модуляции температуры во время опыта. Определена теплоемкость вольфрама в интервале температур 1500—3600° К. В интервале 1500—2200° К теплоемкость вольфрама описывается уравнением  $C_p = 4.90 + 0.0013 T$  кал/г—ат. град. При более высоких температурах теплоемкость увеличивается за счет образования вакансий и при температуре 3600° К достигает 15.0 кал/г—ат. град.

Значения теплоемкости при высоких температурах обычно определяются дифференцированием кривых зависимости энтальпии от температуры. Поэтому в наиболее интересной области, у верхнего конца интервала изменения энтальпии, значения теплоемкости определяются менее надежно. Подобный метод мало пригоден для изучения небольших тепловых эффектов в узких температурных интервалах. Кроме того, при быстром охлаждении от высоких температур до комнатной, как это происходит при измерении энтальпии по методу смешения, создаются неопределенность в физическом состоянии образца, особенно в том случае, если в температурном интервале измерений имели место фазовые превращения. Использование адиабатического метода при высоких температурах встречает значительные трудности, связанные с созданием адиабатных условий. При измерении теплоемкости металлов импульсным методом величина изменения температуры во время опыта слишком велика для исследования локальных тепловых эффектов. Метод непрерывного нагрева, использованный в ряде работ, при высоких температурах не дает достаточно надежных результатов. Известны работы, в которых измерения теплоемкости металлов проводились путем наблюдения колебаний температуры образца, нагреваемого переменным током. Обычно величина изменений температуры определялась по колебаниям тока термоэлектронной эмиссии и составляла 20—30°; точность измерений составляла 2—3%. При измерении теплоемкости вольфрама таким методом исследования проводились лишь до температуры 2600° К.