

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

М. В. СМЕРНОВ и С. П. ДЕТКОВ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГОСТЕЙ ПАРОВ МЕТАЛЛОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ***(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 25 V 1954)*

Применение радиоактивных изотопов открывает новые возможности в разработке методов определения упругостей паров. В литературе имеются работы, в которых радиоактивные изотопы применялись для определения упругостей паров эффузионным методом ⁽¹⁾ и методом свободного испарения поверхности ⁽²⁾.

Нами предлагается динамический метод определения упругостей паров с применением γ -радиоактивных изотопов. Этот метод был проверен на определении упругости пара цинка в интервале температуры от 554 до 904,2°.

Описание измерительной установки. Прибор, в котором производились измерения упругости пара цинка, изображен схематически на рис. 1. Он представлял собой изогнутую кварцевую трубку диаметром 8 мм и длиной около 300 мм. Один конец

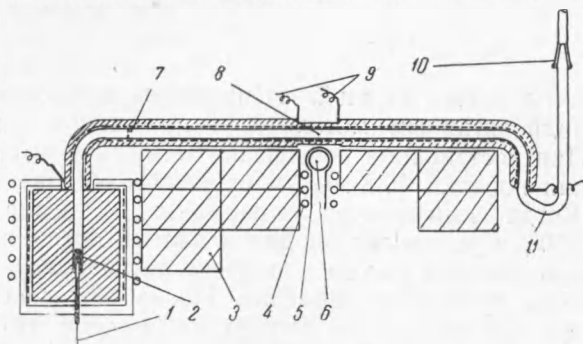


Рис. 1

трубки служил в качестве испарителя. В него была впаяна тонкая кварцевая трубочка с запаянным концом. В трубочку помещалась хромель-алюмелевая термopара 1, при помощи которой измерялась температура металла 2, окружающего кварцевую трубочку. Термopара градуировалась по точкам плавления чистых металлов и солей. ЭДС термopары измерялась потенциометром. Испаритель помещался в массивном медном блоке, снаружи которого находилась спираль электронагревателя. Скорость нагрева металла в испарителе регулировалась силой тока в обмотке электронагревателя. С внешней стороны электронагреватель был снабжен тепловым экраном, охлаждаемым водой. Противоположный конец трубки 11 служил в качестве постоянного конденсатора паров металла. По всей длине от испарителя до конденсатора трубка была обмотана спиралью электронагревателя с теплоизоляцией. При помощи ее стенки трубки нагревались для того, чтобы предотвратить на них конденсацию паров металла. В середине горизонтального участка трубки отрезок спирали электронагревателя имел секционированные выводы 9, которые можно было накоротко замыкать. Этот участок трубки 8 служил временным конденсатором паров металла. Возле него помещался счетчик 6 для измерения γ -излучения металла, собирающегося во временном конденсаторе.

ре при закорачивании средней секции спирали электронагревателя. Счетчик снабжался тепловым экраном из листового алюминия 5, который охлаждался водой 4. Счетчик экранировался свинцовыми кирпичиками 3 от γ -излучения металла, находящегося в испарителе и в постоянном конденсаторе. Для измерений активности металла, накапливающегося во временном конденсаторе, мы пользовались счетной установкой Б. Между

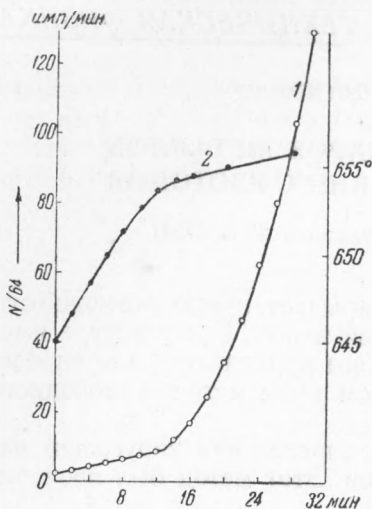


Рис. 2

испарителем и временным конденсатором в трубке имела диафрагма 7 с небольшим отверстием, служившая дополнительным сопротивлением потоку пара металла из испарителя в конденсатор. Прибор посредством шлифа 10 присоединялся к установке, при помощи которой в него вводился аргон под определенным давлением. Установка представляла собой ртутный манометр диаметром 11 мм, соединенный с компенсирующей колбой объемом около 3000 см³, которая делала несущественными изменения давления в системе при нагревании прибора. Установка присоединялась через два крана к резервуару с чистым аргонном и к вакуумной установке. Давление аргона в приборе определялось по ртутному манометру при помощи катетометра с ценой деления 0,1 мм.

Описание метода проведения измерений. Испаритель, изготавливаемый отдельно, заполнялся радиоактивным металлом и припаивался к остальной части прибора. При постепенном повышении температуры прибор откачивался до давления порядка 10^{-3} мм рт. ст., чтобы обезгазить металл и стенки прибора.

Когда температура испарителя достигала 350°, в установку вводился чистый аргон и при помощи насоса в приборе устанавливалось требуемое давление. После введения аргона испаритель быстро нагревался. По достижении металлом температуры на 10—15° ниже его точки кипения при заданном давлении газа в приборе скорость нагрева снижалась примерно до 0,3 град/мин. Обмотка электронагревателя временного конденсатора закорачивалась. Накопление металла во временном конденсаторе фиксировалось по возрастанию активности. Активность измерялась в течение 1 мин. через каждые 2 мин. Параллельно с определением активности при помощи термопары измерялась температура металла в испарителе.

На рис. 2 графически представлены результаты измерений активности металла, накапливающегося во временном конденсаторе (кривая 1), и температуры металла в испарителе (кривая 2) в одном из опытов, когда давление аргона в приборе было равно 29,3 мм рт. ст. По оси абсцисс отложено время измерений, а по оси ординат: слева — активность металла в конденсаторе, справа — температура металла в испарителе. Когда металл в испарителе начинал кипеть, в ходе кривой активности наблюдался резкий излом. Активность возрастала быстрее за счет большего поступления паров

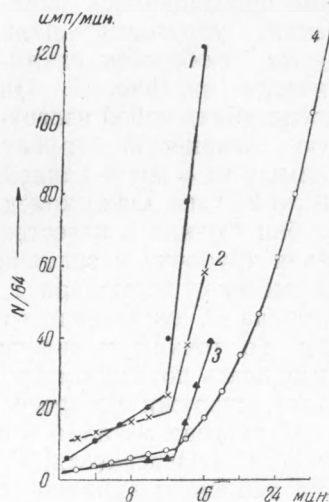


Рис. 3

металла из испарителя в конденсатор. Точка кипения металла при заданном давлении в приборе определялась по точке температурной кривой, которая соответствовала по времени точке излома кривой активности, с точностью $\pm 0,2^\circ$. После этого давление аргона в приборе изменялось (обычно повышалось). Обмотка электронагревателя временного конденсатора включалась. Конденсированный металл быстро испарялся и собирался в постоянном конденсаторе. Прибор был готов для следующего определения точки кипения металла при новом значении давления аргона в установке.

Как показали опыты, на кривой активности не наблюдается резкого излома при переходе от диффузии пара металла в конденсатор ниже точки его кипения к сплошному потоку его при кипении металла, если отсутствует дополнительное сопротивление в виде диафрагмы с небольшим

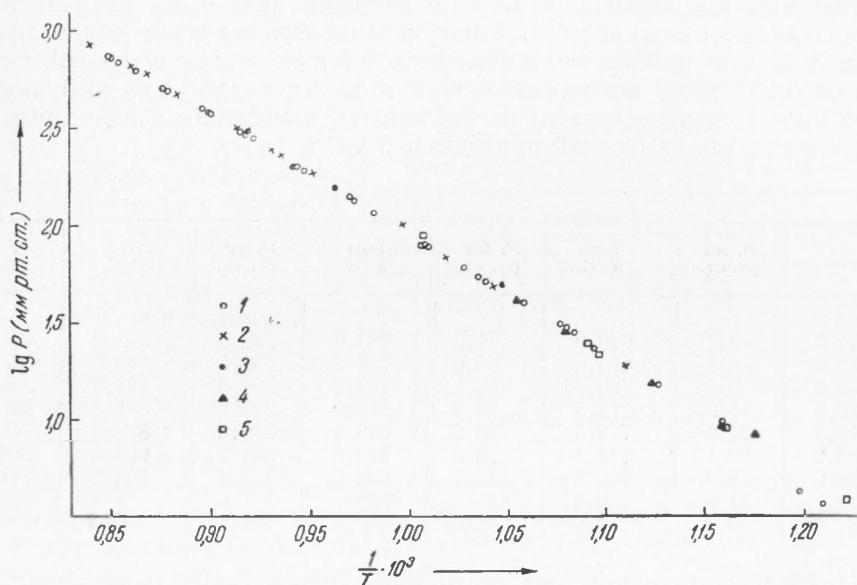


Рис. 4. 1 — данные наших исследований, 2 — данные Дженкинса, 3 — данные Баура и Бруннера, 4 — данные Роудбуша и Диксона, 5 — данные Брауне

отверстием. Диафрагма сильно понижает диффузию пара металла в конденсатор, и на кривой появляется резко выраженный излом, отвечающий началу кипения металла в испарителе. Дополнительное сопротивление, кроме того, позволяет производить много измерений с относительно небольшим количеством радиоактивного материала.

На рис. 3 приведены типичные кривые активностей, характеризующие накопление металла в конденсаторе при различных условиях опыта. Кривые 1 и 2 сняты в одном приборе при одинаковой скорости нагрева (около $0,3$ град/мин), но при разных давлениях аргона: кривая 1 при 747 мм, а кривая 2 — при $3,7$ мм рт. ст. Как видно, несмотря на то, что давление меняется здесь в 200 раз, ход кривых активности почти не меняется. Кривые 3 и 4 сняты также в одном приборе примерно при одинаковом давлении аргона ($31,0$ и $29,3$ мм рт. ст., соответственно), но с разными скоростями нагрева. Кривая 3 снята при скорости нагрева $0,8$ град/мин, а кривая 4 — при скорости нагрева $0,3$ град/мин. Как видно, с увеличением скорости нагрева на кривой активности наблюдается более резкий излом.

Кривые 1 и 2 и кривые 3 и 4 сняты с разными приборами, отличающимися друг от друга величиной сопротивления потоку пара металла из испарителя в конденсатор (площадь отверстия в диафрагме первого прибора была равна 8 мм², а второго $2,5$ мм²). В первом приборе испа-

рялся металл с удельной активностью 0,163 мк/г, а во втором — металл с удельной активностью 0,046 мк/г. Как видно, увеличение сопротивления потоку пара и уменьшение удельной активности металла не влечет за собой каких-либо существенных изменений в ходе кривых активности.

Измерение упругости пара цинка в интервале температуры от 554 до 904,2° По определению упругости пара цинка в исследуемом интервале температуры имеется несколько работ ⁽³⁾. Данные отдельных авторов значительно расходятся. Поэтому измерение упругости пара цинка новым методом имеет не только методическую ценность, но представляет интерес также и с точки зрения получения дополнительных экспериментальных данных.

Для измерений брался цинк фирмы Кальбаум. Путем сплавления с небольшим количеством активного цинка (удельная активность 37 мк/г) были получены два образца металла с разными удельными активностями. Измерения производились по вышеуказанной методике с двумя приборами. В первый прибор было помещено 5,5 г металла с удельной активностью 0,163 мк/г, во второй 6,26 г металла с удельной активностью 0,046 мк/г. С первым прибором сделано 18 измерений, а со вторым 16. Результаты этих измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Т-ра в °С	P, мм рт. ст.	Т-ра в °С	P, мм рт. ст.	Т-ра в °С	P, мм рт. ст.	Т-ра в °С	P, мм рт. ст.
554,0	3,7	690,0	51,9	783,0	189,5	865,0	493,5
562,0	4,2	693,0	54,0	783,5	190,5	865,5	502,4
590,0	9,7	700,3	60,5	787,2	204,0	867,0	509,0
616,0	15,0	718,8	78,0	812,0	278,0	885,5	631,0
641,2	23,0	719,0	78,0	816,5	289,8	898,0	702,0
650,2	28,1	719,5	79,0	819,5	304,2	903,0	738,0
654,0	29,3	745,0	115,7	838,0	379,4	904,2	747,0
656,5	31,0	756,0	134,2	838,5	381,0		
672,5	40,0	758,0	140,0	843,0	402,0		

Найденные величины упругости пара цинка удовлетворительно описываются уравнением, которое ранее было предложено для упругости пара жидкого цинка ⁽⁴⁾:

$$\lg P(\text{мм}) = 12,247 - \frac{6697}{T} - 1,2 \lg T.$$

На рис. 4 данные наших измерений нанесены на графике в координатах $\lg P = f(1/T)$. На этом же графике нанесены данные других авторов.

Метод измерения упругостей паров с применением радиоактивных изотопов можно использовать не только для чистых металлов, но также для сплавов и солей, если у соответствующего элемента есть γ -радиоактивный изотоп с достаточно большим периодом полураспада.

Поступило
28 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ H. M. Schadel, C. E. Birchenall, J. Metals, 188, № 9, 1134 (1950). ² А. П. Любимов, А. А. Грановская, ЖФХ, 27, 473 (1950). ³ C. H. M. Jenkins, Proc. Roy. Soc., A110, 456 (1934); W. H. Rodebush, A. L. Dixon, J. Am. Chem. Soc., 47, 1036 (1925); H. Braune, Zs. anorg. allg. Chem., 3, 109 (1920); E. Baur, R. Brunner, Helv. chim. Acta, 17, 958 (1934). ⁴ R. W. Ditchburn, J. C. Gilmour, Rev. Mod. Phys., 13, 310 (1941).