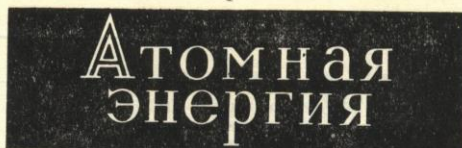


Ж 53
A92

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР



Ежемесячный журнал
ГОД ИЗДАНИЯ ТРИНАДЦАТЫЙ

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 25 ■ Ноябрь ■ Вып. 5

Главный редактор
М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ

Заместители главного редактора
Н. А. ВЛАСОВ, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ, И. Н. ГОЛОВИН,
Н. А. ДОЛЛЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН, А. К. КРАСИН,
А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ, В. В. МАТВЕЕВ, М. Г. МЕЩЕРЯКОВ, П. Н. ПАЛЕЙ,
Д. Л. СИМОНЕНКО, В. И. СМЕРНОВ, В. С. ФУРСОВ, В. Б. ШЕВЧЕНКО

СОДЕРЖАНИЕ

СЕДЬМОЙ КОНГРЕСС МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (секция «Атомные электростанции»)

- А. П. Александров. Ядерная энергетика и ее роль в техническом прогрессе 355
- С. М. Фейнберг. Атомные электростанции 363
- А. И. Лейпунский, И. И. Африкантов, О. Д. Казачковский, В. В. Орлов, М. С. Пинхасик, М. Ф. Троянов. Развитие ядерной энергетики с реакторами на быстрых нейтронах в СССР 380
- Н. А. Доллежал, Ю. И. Корякин. Некоторые вопросы работы АЭС в энергосистемах 387
- А. И. Чурин, В. А. Клячко, Ю. И. Корякин, Г. М. Соловьев, А. А. Логинов, В. В. Рыбачев. Совмещение крупных атомных электростанций с опреснительными установками 394
- А. И. Лейпунский, И. И. Африкантов, И. С. Головин, Ф. М. Митенков, В. В. Орлов, М. С. Пинхасик, А. А. Ринейский, В. В. Стекольников, М. Ф. Троянов, В. И. Ширьев. Атомная электростанция с реактором БН-600 403
- В. В. Стекольников, В. А. Сидоренко, В. П. Татарников, Б. С. Язвенко, В. П. Денисов. Атомная электростанция с двумя реакторными блоками мощностью по 440 Мвт (2 × 440 Мвт) 408
- Рефераты иностранных докладов секции «Атомные электростанции» 416

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ

- Н. С. Николаев, А. Т. Садигова. Комплексные соединения гексафторида урана с фторидами щелочных металлов (Сообщение первое) 422
- В. А. Храмченков. Радиолиз смесей насыщенных и ароматических фторуглеродов 423
- В. Н. Смирнов, М. И. Ушкова, А. М. Новиков. Использование изотопа Te^{125m} качестве источника рентгеновского излучения 424

- Е. М. Войнов, Г. Д. Ефремова, Н. А. Колокольцов. Теоретическое и экспериментальное исследование естественной конвекции газа в замкнутом контуре 425
- Б. В. Окулов. О зависимости интенсивности тормозного излучения от энергии ускоренных электронов 426
- С. А. Чурин. Расчет матричным методом спектрально-угловых характеристик излучения внутри плоских барьеров 426

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

- Ю. А. Шуклюков, Г. Ш. Ашкенадзе. Определение константы скорости спонтанного деления U^{235} по накоплению изотопов ксенона в урановых минералах 428
- А. В. Безносикова, Е. С. Смотряцкая, Н. Т. Чеботарев. Структура соединения PuPd 430
- Н. Т. Чеботарев, Ю. Н. Сокурский, М. А. Андрианов, А. А. Иванов. Магнитная восприимчивость сплавов плутония с палладием 431
- Л. В. Павлинов. Диффузия урана в титан-молибденовых сплавах 434
- А. А. Лукьянов, С. А. Эль-Вакиль. Многоуровневое описание энергетической структуры нейтронных сечений 435
- Ф. Насыров. Средние по спектру нейтронов деления сечения реакций $(n, 2n)$, (n, p) , (n, α) 437
- Э. Т. Шипатов, Б. А. Кононов. Энергетическое распределение протонов с энергией 6,72 Мэв, прошедших через монокристаллы 439
- В. Н. Байер, В. А. Хоае. Эффекты рассеяния частиц внутри пучков поляризованных электронов в накопителях 440
- А. М. Кольчужкин, В. В. Учайкин. К расчету прохождения γ -излучения через неоднородный барьер 442
- В. Д. Виленский, В. В. Емельянов. Концентрация Si^{32} в атмосфере 444

235408



РГ

Были получены следующие межатомные расстояния и координационные числа для атомов плутония и палладия:

Плутоний	Палладий
$2d_{Pu-Pu} = 3,71 \text{ \AA}$	$2d_{Pd-Pd} = 2,70 \text{ \AA}$
$4d_{Pu-Pu} = 3,77 \text{ \AA}$	$1d_{Pd-Pu} = 2,92 \text{ \AA}$
$2d_{Pu-Pu} = 3,78 \text{ \AA}$	$1d_{Pd-Pu} = 3,02 \text{ \AA}$
$1d_{Pu-Pu} = 2,92 \text{ \AA}$	$1d_{Pd-Pu} = 3,04 \text{ \AA}$
$1d_{Pu-Pd} = 3,02 \text{ \AA}$	$4d_{Pd-Pu} = 3,06 \text{ \AA}$
$1d_{Pu-Pd} = 3,04 \text{ \AA}$	
$4d_{Pu-Pd} = 3,06 \text{ \AA}$	

На рис. 2 приведена проекция структуры соединения PuPd на плоскость (010). Структура PuPd состоит из двух типов трехгранных призм, построенных из атомов плутония (тип ABC и ACD на рис. 2). Высота призм равна периоду b . Эти призмы, чередуясь друг с другом, заполняют все пространство кристаллической решетки. В каждой из призм ABC на половине высоты расположено по одному атому плутония. Посредством этих атомов осуществляется связь между отдельными призмами типа ABC в направлении оси b . В призмах типа ACD расположено по два атома палладия, один из которых находится в плоскости атомов плутония, другой — на половине высоты призмы. Эти атомы палладия связаны между собой и образуют зигзагообразные

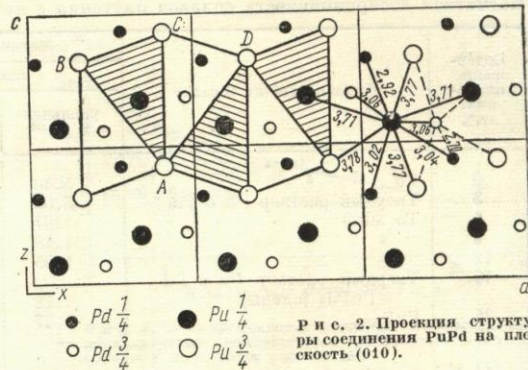


Рис. 2. Проекция структуры соединения PuPd на плоскость (010).

цепочки, расположенные параллельно оси b . Одновременно они осуществляют связь в направлении b .

Поступило в Редакцию 8/II 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

- В. И. Кутайцев и др. «Атомная энергия», 23, 511 (1967).
- I. Thomson. Acta cryst., 17, 64 (1964).

Магнитная восприимчивость сплавов плутония с палладием

Н. Т. ЧЕБОТАРЕВ, Ю. Н. СОКУРСКИЙ, М. А. АНДРИАНОВ, А. А. ИВАНОВ

УДК 546.799.4:538.22

Некоторые результаты исследований сплавов плутония с элементами восьмой группы периодической системы, а также сведения о физических свойствах сплавов, в частности магнитной восприимчивости сплавов плутония с марганцем, железом, кобальтом и никелем, были опубликованы ранее [1—3].

Система сплавов плутония с палладием (рис. 1) характеризуется широкой областью (до ~14 ат.%) твердых растворов на основе палладия [2] и четырьмя интерметаллическими соединениями, из которых три соединения — PuPd*, Pu₃Pd₄ и PuPd₃ — стабильны при комнатной температуре.

Эксперимент

Сплавы готовились в высокочастотной печи, их состав контролировался по шихте. Фазовое состояние отожженных сплавов определялось рентгенографическим методом. Образцы соединений представляли собой кусочки неправильной формы весом ~50 мг. Образцы твердых растворов имели форму шариков диаметром ~2,2 мм и весом 60—70 мг. Эти образцы подвергались гомогенизирующему отжигу при температуре 900°С в течение 10 ч в вакууме ~2·10⁻⁵ мм рт. ст.

Магнитная восприимчивость определялась методом Фарадея с точностью ±5% для образцов неправильной формы и с точностью ±2% для образцов в виде шарика. Восприимчивость определялась относительно эталона (уран зонной очистки с удельной восприимчиво-

* Изучение кристаллической структуры соединения, наиболее богатого плутонием, в системе Pu—Pd [4] показало, что оно соответствует составу PuPd, а не составу Pu₃Pd₄, как указано в работе [2].

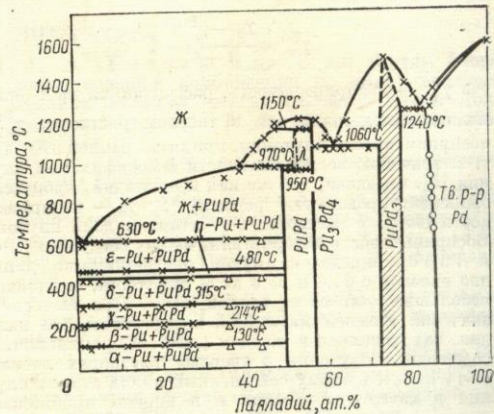


Рис. 1. Диаграмма состояния системы плутоний — палладий.

× — данные термического анализа; Δ — данные дилатометрического анализа; ○ — данные рентгеновского анализа.

стью $\chi_m = 1,72 \cdot 10^{-6}$ * при температуре ~20°С). Наличие ферромагнитных примесей контролировалось путем измерения восприимчивости образцов при различной напряженности магнитного поля H .

* В настоящей работе значения восприимчивости указаны в единицах CGSM.

Магнитная восприимчивость сплавов плутония с палладием при комнатной температуре

Содержание плутония, ат. %	Фазовый состав сплавов	Магнитная восприимчивость			Примечание
		сплавов		палладия, $\chi_a \cdot 10^6$	
		удельная $\chi_m \cdot 10^6$	атомная $\chi_a \cdot 10^6$		
0	Pd	5,40	575	575	
3	Твердый раствор Pu в Pd	3,03	339	332	
6	То же	1,87	214	191	
9	»	1,18	140	99	
12	»	1,05	128	69	
46	Твердый раствор Pu в Pd + PuPd ₃ (следы)	1,12	143	66	
25	PuPd ₃	1,47	205	—	Значение получено экстраполяцией
42,9	Pu ₃ Pd ₄	—	(315)	—	
44,4	Pu ₃ Pd ₄ + PuPd (следы)	~ 2,0	~ 330	—	
50	PuPd	—	(355)	—	Значение восприимчивости при $H \rightarrow \infty$
55,6	PuPd + α -Pu (следы)	1,11	380	—	
100	α -Pu и δ -Pu	2,4	570	—	Данные работы [5]

Результаты

В таблице приведены экспериментальные значения магнитной восприимчивости сплавов и значения восприимчивости находящегося в твердом растворе палладия, вычисленные по формуле

$$\chi_a^{Pd} = \frac{\chi_a - \chi_a^{Pu} C}{1 - C}$$

где χ_a^{Pd} — восприимчивость, рассчитанная на 1 г-атом палладия, находящегося в твердом растворе; χ_a^{Pu} — восприимчивость плутония, принятая равной $570 \cdot 10^{-6}$, т. е. значению восприимчивости δ -модификации плутония [5], имеющей, так же как и палладий, кубическую гранецентрированную решетку*; χ_a — восприимчивость твердого раствора; C — атомная доля плутония. Восприимчивость интерметаллических соединений PuPd и Pu₃Pd₄ определена путем экстраполяции данных для сплавов с 44,4 и 55,6 ат. % плутония, содержащих небольшие количества второй фазы. При вычислении значений атомной магнитной восприимчивости палладия, находящегося в твердом растворе, учитывали, что содержание плутония в твердых растворах невелико (~14 ат. %), поэтому собственный вклад атомов плутония в магнетизм невелик и в первом приближении равен $C \chi_a^{Pu}$.

На рис. 2 приведены зависимости значений атомной восприимчивости сплавов от их состава, причем прямая характеризует непосредственный вклад плутония в магнетизм сплавов, если предположить, что удельная восприимчивость плутония остается постоянной.

Для твердых растворов плутония в палладии определялся период решетки (рис. 3).

* Другие фазы плутония имеют примерно такое же значение восприимчивости [5].

Обсуждение результатов

Твердые растворы плутония в палладии. Известно, что растворение в палладии некоторых металлов при-

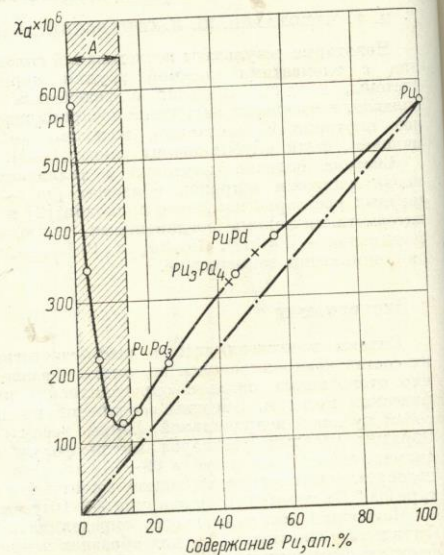


Рис. 2. Магнитная восприимчивость сплавов плутония с палладием:

x — значения восприимчивости чистых соединений PuPd и Pu₃Pd₄, полученные экстраполяцией значений восприимчивости двухфазных сплавов; — вклад плутония в магнетизм сплавов; А — область твердых растворов плутония в палладии.

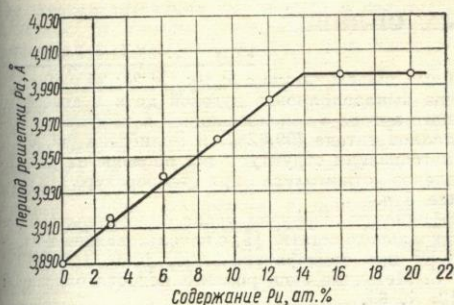


Рис. 3. Периоды решетки твердых растворов плутония в палладии.

водит к уменьшению его магнитной восприимчивости. Это уменьшение обычно объясняют заполнением *d*-оболочки палладия валентными электронами растворенного металла [6–8]. Значения восприимчивости палладия в двойных сплавах с серебром и многими переходными элементами в работе [6] были представлены в виде зависимости от эквивалентной концентрации C_n (C — содержание растворенного элемента, ат.%; n — число валентных электронов у этого элемента) и хорошо укладываются на одну кривую (рис. 4), если принять валентность n равной: единице для Ag; трем для Cr; четырем для Ti, Zr; пяти для V, Nb, Ta, Re и шести для Mo, W, U.

Уменьшение магнитной восприимчивости твердых растворов плутония в палладии также, по-видимому, связано с заполнением *d*-оболочки палладия электронами плутония. Значения атомной магнитной восприимчивости палладия в твердых растворах с 3 и 6 ат% Pu хорошо совпадают с кривой, приведенной на рис. 4, если предположить, что плутоний отдает в *d*-зону палладия четыре валентных электрона*. Это дает основание считать, что в твердых растворах с палладием плутоний ведет себя как четырехвалентный металл.

При валентности плутония, равной четырем, эквивалентная концентрация составляет ~56%, т. е. близка к концентрации одновалентного серебра (60%), при которой *d*-оболочка палладия оказывается заполненной.

По изменению периода решетки твердых растворов (см. рис. 3) можно определить, что атомный радиус растворенного в палладии четырехвалентного (по магнитным измерениям) плутония равен 1,65 Å, т. е. незначительно отличается от атомного радиуса δ -плутония, равного 1,64 Å [9]. Однако валентность δ -плутония, вычисленная по значению атомного радиуса равна 4,5 [9]. Авторы работы [10] также считают, что это значение валентности несколько завышено.

Интерметаллические соединения. Из полученных значений восприимчивости интерметаллических соединений не представляется возможным сделать какие-либо количественные выводы. Однако вклад палладия

* В остальных сплавах эквивалентная концентрация превышает 25%, т. е. выходит за пределы кривой, приведенной на рис. 4.

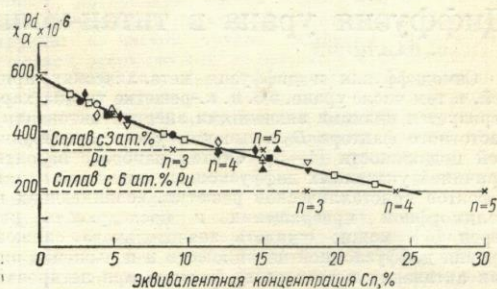


Рис. 4. Восприимчивость палладия в зависимости от эквивалентной концентрации растворенного в нем элемента по данным работы [6].

Сплав палладия с элементом: □ — Ag ($n = 1$); ○ — Ti ($n = 4$); + — V ($n = 5$); ● — Cr ($n = 3$); ◇ — Zr ($n = 4$); △ — Nb ($n = 5$); ▽ — Mo ($n = 6$); ▲ — Ta ($n = 5$); ▼ — W ($n = 6$); ■ — Re ($n = 5$); ◆ — U ($n = 6$); × — экспериментальные данные, полученные в настоящей работе при эквивалентной концентрации плутония с валентностью n , равной 3, 4, 5.

в магнитную восприимчивость соединений невелик (см. рис. 2), несмотря на значительную концентрацию его в соединениях, особенно в $PuPd_3$.

На основании этого можно полагать, что в исследованных соединениях ($PuPd$, Pu_3Pd_4 и $PuPd_3$) палладий имеет заполненную *d*-оболочку и его вклад в магнетизм соединений связан, по-видимому, не с *d*-, а с *s*-электронами.

Поступило в Редакцию 16/II 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Бочвар и др. В кн. «Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1958)». Докл. советских ученых. Т. 3. М., Атомиздат, 1959, стр. 376.
2. В. И. Кутайцев и др. «Атомная энергия», 23, 511 (1967).
3. С. Т. Конобеевский и др. В кн. «Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1958)». Докл. советских ученых. Т. 3. М., Атомиздат, 1959, стр. 396.
4. А. В. Безносикова, Е. С. Смотрицкая, Н. Т. Чеботарев. См. настоящий выпуск, стр. 430.
5. С. Т. Конобеевский. В кн. «Труды Сессии Академии наук СССР по мирному использованию атомной энергии (Москва, 1–5 июня 1955 г.)». М., Изд-во АН СССР, 1955, стр. 362.
6. D. Gerstenberg. Ann. Physik (7), 2, 236 (1958).
7. F. Hoare et al. Proc. Roy. Soc., 216A, 502 (1953).
8. L. Bates, S. Leach. Proc. Phys. Soc., 69B, 997 (1956).
9. W. Zachariassen, F. Ellinger. J. Chem. Phys., 27, 811 (1957).
10. Д. Уобер. Металлургия и металлведение плутония и его сплавов. Под ред. У. Д. Уилкинсона. Перев. с англ. М., Атомиздат, 1962, стр. 102.