

Ж 53
А92

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР



Ежемесячный журнал
ГОД ИЗДАНИЯ ДВЕНАДЦАТЫЙ

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 24 ■ Май ■ Вып. 5

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ, Н. А. ВЛАСОВ (зам. главного редактора), И. Н. ГОЛОВИН, Н. А. ДОЛЛЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ (зам. главного редактора), А. К. КРАСИН, А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ, В. В. МАТВЕЕВ, М. Г. МЕЩЕРЯКОВ, М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ (главный редактор), П. Н. ПАЛЕЙ, Д. Л. СИМОНЕНКО, В. И. СМЕРНОВ, В. С. ФУРСОВ, В. Б. ШЕВЧЕНКО.

СОДЕРЖАНИЕ

СТАТЬИ

В. И. Баранов. Развитие радиогеологии в СССР . . .	419
Я. Богач, П. Квитнер, Э. Сабо. Определение некоторых примесей в кремнии высокой чистоты методом активационного анализа без разрушения образцов	421
Я. Божник, Е. Кубовский, С. Лятэк. Измерение материального параметра критической сборки «Анна»	425
Н. Г. Баданина, Ю. П. Сайков. Критерий сравнения состояния твэлов активной зоны реактора	429
Ю. В. Чухкин, Е. Ф. Давыдов, В. Н. Сюзёв, Т. М. Гусева, В. В. Колесов, М. Д. Дерибизов. Радиационная стойкость пластинчатых твэлов реактора СМ-2	432
Б. Г. Егнзаров, В. А. Зюбка, А. И. Новиков. Выбор оптимальной аналитической методики при инструментальном активационном анализе	435
В. И. Субботин, Д. М. Овечкин, Д. Н. Сорокин, А. П. Кудрявцев. Теплоотдача при кипении натрия в условиях свободной конвекции	437
В. П. Бобков, М. Х. Ибрагимов, В. И. Субботин. Расчет коэффициента турбулентного переноса тепла при течении жидкости в трубе	442
В. Я. Кудяков, М. В. Смирнов, Н. Я. Чукреев, Ю. В. Поеохин. Образование двухвалентного тория в среде расплавленного хлористого калия	448
Н. М. Зуева, Л. С. Соловьев. Равновесие и устойчивость плазмы в аксиально симметричных тороидальных системах	453

ПЕРСОНАЛИЯ

Исаак Константинович Кизкин (к 60-летию со дня рождения) 460

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ

Н. Е. Брежнева, Ю. И. Капшанинов, С. Н. Озипранер. Изучение кинетики электролитического выделения гидроокисных осадков редкоземельных элементов

А. С. Тшечкин. Вычислительное устройство для обработки γ -спектров	462
В. Е. Дроздов, Ю. С. Рябухин. К расчету мощностей поглощенных доз полоого цилиндрического облучателя с неравномерным распределением активности	463
М. Задубан, Л. Медвидь. Определение суммарной β -активности долгоживущих продуктов деления при помощи K^{40}	464
Г. П. Березина, Я. Б. Файнберг, А. К. Березин. Экспериментальное исследование потоков быстрых ионов, образующихся в системе пучок — плазма	465

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

М. А. Сарычев, Ю. Н. Алексенко, Н. В. Звонков, В. И. Буйницкая, И. В. Рогожкин, А. А. Баталов, Ю. В. Александров. Распределение потока тепловых нейтронов в различных отражателях с каналами	467
Т. М. Гусева, Е. Ф. Давыдов, В. Н. Сюзёв, Ю. В. Чухкин. О возможном характере изменения объема тепловыделяющих композиций при твердом распухании	469
Е. М. Лобанов, Н. В. Зиновьев. Определение необходимой статистики при бескорреляционной расшифровке данных активационного анализа	471
С. Н. Вотинин, Т. М. Гусева, В. И. Клименков. О радиационной стойкости сплава циркония с 1% ниобия в условиях работы реактора СМ-2	473
А. Э. Шеми-заде. О сухих выпадениях продуктов ядерных испытаний	474
К. П. Захарова, Г. М. Иванов, В. В. Куличенко, Н. В. Крылова, Ю. В. Сорокин, М. И. Федорова. Об использовании тепла химических реакций для термической переработки жидких радиоактивных отходов	475

225381/не



п

деленных условиях в ней может содержаться водород или метан. Водород образуется при использовании в качестве термита смеси окисей железа и алюминия и при наличии влаги в шихте. Метан образуется при наличии в шихте органических примесей. Дожигание водорода и метана путем увеличения содержания окиси железа в шихте или подачи дополнительного количества воздуха в реакционную зону нельзя считать надежным методом, так как в промышленных условиях трудно учесть количество влаги или органических примесей. Более взрывобезопасным следует считать использование нитрат-алюминиевого термита, так как в этом случае при проведении опытов в лабораторных условиях в газовой фазе водорода или метана не обнаружено.

Поступило в Редакцию 12/VI 1967 г.

Влияние растворенного кислорода на электросопротивление жидкого натрия

А. В. АФОНИНА, Б. А. НЕВЗОРОВ, О. В. СТАРКОВ

В основе одного из методов контроля чистоты натрия-теплоносителя лежит зависимость электросопротивления натрия от концентрации растворенных примесей [1—3].

Имеющиеся данные по влиянию растворенного кислорода на электросопротивление натрия противоречивы. В таблице по данным работ [1—6] приводятся величины относительного изменения электросопротивления на один атомный процент кислорода, растворенного в натрии. Создается впечатление, что эта размерность в большей степени отвечает физическому смыслу влияния примесей на электросопротивление натрия, чем приведенные в указанных работах

($\text{мком} \times \text{см} / \text{вес.} \% \text{ кислорода} \cdot \frac{\% \Delta \rho}{\rho} / \text{вес.} \% \text{ кислорода}$).

Значительное расхождение величин, по-видимому, связано с различным способом введения кислорода в натрий и неучетом влияния других примесей.

Сравнительные измерения электросопротивления натрия с различным содержанием кислорода проводили при температурах до 800°С. Две трубки из стали 1X18H10T (9 × 0,4 мм) в вакуумных условиях заполняли натрием с разным исходным содержанием кислорода: 0,005 и 0,6 вес. % (во втором случае добавляли химически чистую перекись натрия). Электросопротивление заполненных трубок измеряли двойным мостом постоянного тока. Расстояние между потенциометрическими электродами равнялось $100 \pm 0,5$ мм. Изменение температуры по длине трубок не превышало $\pm 5^\circ\text{C}$. Электросопротивление измеряли в процессе повышения и снижения температуры (прямой и обратный ход температуры) с точностью $\pm 2 \times 10^{-7}$ ом. Общее сопротивление трубки с натрием, содержащим 0,6 вес. % кислорода, во всем интервале температур оказалось больше, чем сопротивление трубки с натрием, содержащим 0,005 вес. % кислорода. Минимальные среднеквадратичные отклонения экспериментальных точек для кривых изменения электросопротивления первой и второй трубок составляли $0,645 \cdot 10^{-5}$ и $0,610 \cdot 10^{-5}$ ом соответственно. При расчете удельного сопротивления натрия по результатам измерения общего сопротивления трубок с натрием использовали справочные данные по электросопротив-

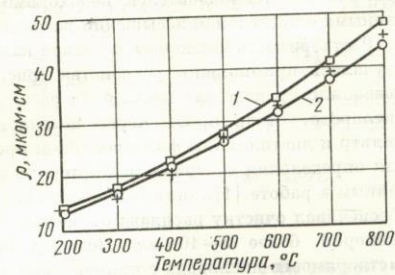
ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Верескунов и др. «Атомная энергия», 20, 277 (1966).
2. П. В. Гельд, Р. М. Леринман. «Ж. прикл. химии», XXIII, 1191 (1950).
3. П. В. Гельд, Н. Н. Буйнов. Там же, стр. 1087.
4. П. В. Гельд, О. А. Есин. Там же, стр. 1200.
5. А. Н. Несмеянов. Давление пара химических элементов. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1963.
6. Н. А. Торопов, В. П. Барзаковский. Высокотемпературная химия силикатных и других окисных систем. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1963.

УДК 621.039.534.63.24

лению стали 1X18H10T [7]. С ростом температуры разница между удельными сопротивлениями натрия в трубках увеличивается (см. рисунок). Это связано с тем, что концентрация растворенного кислорода в грязном натрии увеличивается согласно кривой растворимости (0,6 вес. % кислорода в натрии соответствует равновесной растворимости, находящейся за пределами 800°С), в то время как в относительно чистом натрии сохраняется постоянное содержание растворенного кислорода — 0,005 вес. % (равновесная растворимость для температуры 250°С). Полученные результаты для температурной зависимости удельного электросопротивления натрия, содержащего 0,005 вес. % кислорода, с точностью до 5% совпадают с литературными данными для чистого натрия [8]. При температурах до 500°С разница между электросопротивлениями обоих образцов натрия лежит в пределах ошибки измерения. При расчете влияния кислорода на электросопротивление натрия при 650—800°С равновесную концентрацию кислорода в натрии определяли по уравнению, выведенному на основе опубликованных данных [3, 9, 10]:

$$\lg C = 1,226 - 1840/T,$$



Зависимость удельного электросопротивления натрия от температуры:

1 — грязный натрий с равновесным содержанием кислорода; 2 — чистый натрий с 0,005 вес. % кислорода; + — чистый натрий (данные работы [7]).

где C — растворимость кислорода в натрии, вес.%;
 T — температура, °К.

Влияние растворенного кислорода на электросопротивление натрия при температурах 650—800° С оценивается величиной $(25 \pm 7) \frac{\% \Delta \rho}{\rho} / \text{ат. \% O}_2$.

Относительное изменение электросопротивления натрия при увеличении концентрации кислорода

Метод введения кислорода	Температура, °С	$\frac{\% \Delta \rho}{\rho}$ ат. % O ₂	Литература
Из холодной ловушки	300	49	[2]
	205—320	97	
	350	56—70 73,5	
Введение Na ₂ O	205—320	16,5—35	[3]
	350	1,5 ≤ 1,5	
Введение H ₂ O	205—320	35	[3]
Введение NaOH	205—320	10,5	[3]

Приведенные в таблице значения этой величины, равные 70—90 $\frac{\% \Delta \rho}{\rho} / \text{ат. \%}$ при 300° С, по-видимому,

являются завышенными, так как эксперименты не подтверждают возрастания влияния кислорода с повышением температуры.

Поступило в Редакцию 26/VI 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Blake. *Nucleonics*, **19**, 66 (1961).
2. C. G a Charles, Ms P heeters. Доклад SM-85/29 на симпозиуме МАГАТЭ по щелочным теплоносителям. Вена, 1966—1967.
3. J. Petrek, E. Kobasics. Доклад SM-85/25 на симпозиуме МАГАТЭ по щелочным теплоносителям. Вена, 1966—1967.
4. В. А. Субботин, П. Л. Кириллов, Ф. А. Козлов. «Теплофизика высоких температур», **3**, 154 (1965).
5. В. А. Субботин и др. «Атомная энергия», **21**, 511 (1966).
6. K. Glaxton. *J. Nucl. and Engng. A/B* **19**, 849 (1965).
7. Теплофизические свойства вещества. Справочник. Под ред. Н. Б. Варгафтика. М.—Л., Госэнергоиздат, 1956.
8. В. С. Чиркин. Теплопроводность промышленных материалов. М., Машиз, 1962.
9. C. Tuzack. *Steels for Reactor Circuits. The Iron and Steel Inst.*, 1960, p. 179.
10. L. Blake. *Proc. Instn Electr. Engrs*, **107**, 34 (1960).

Растворимость кислорода в эвтектическом сплаве калий—натрий

Э. Е. КОВАЛОВ, Н. И. СЕЛИВЕРСТОВ, И. Б. ДМИТРИЕВА, П. А. СЕДЫШКИН

УДК 621.039.534.63

Осуществление эффективной очистки жидкометаллических теплоносителей от неметаллических примесей во многом определяет возможность их успешного использования в ядерных энергетических установках. Для выбора кристаллизационных и химических методов очистки теплоносителей необходимо располагать данными о предельном насыщении расплава примесями.

Растворимость кислорода в сплаве калий — натрий изучалась при помощи устройства (рис. 1), которое позволяло производить насыщение расплава примесью кислорода, отбор пробы через металлокерамический фильтр и дистилляцию фильтрованной пробы расплава для определения содержания кислорода методом, описанным в работе [1]. Металлокерамический фильтр [2] обеспечивал очистку расплава от частиц твердой фазы размером более 5—10 мк. Поэтому при изучении растворимости кислорода с примененным фильтрованием расплава возможны ошибки в сторону завышения результатов, особенно в области низких концентраций примеси.

Результаты анализа проб, отобранных при различных температурах, представлены на рис. 2, на кото-

ром приведены также данные о растворимости кислорода в сплаве калий — натрий [3, 4]. В этих исследованиях анализ проб осуществлялся методом амальгамирования [5], который может привести к заметному завышению результатов, если в пробе присутствуют водородсодержащие соединения (гидроокись, гидрид); причем гидрид может образовываться при взаимодействии расплава со стеклянной аппаратурой [6]. В работе [3] пробы расплава отбирались через стеклянный фильтр, который, по-видимому, менее плотен, чем металлокерамический. В работе [4] при отборе проб расплава фильтрование не применялось. Поэтому результаты этих исследований отличаются от полученных данных более высоким значением растворимости кислорода в сплаве калий — натрий.

Как видно из построенной кривой, значения растворимости в области низких температур остаются почти неизменными. По-видимому, при этих температурах равновесное содержание примеси кислорода в расплаве меньше содержания, полученного в холостом опыте используемого аналитического метода. Что касается