

некоторого случайного некоррелированного гауссова процесса. Сглаживание γ -спектра проводится методом наименьших квадратов. Обработка γ -спектров включает три этапа: исправление спектра с учетом особенностей спектрометрического тракта (мертвое время кодирования, эффективность детектора); математическая обработка (нахождение центра тяжести пика и его площади); идентификация фотопиков и расчет содержания элементов по формуле с использованием библиотеки изотопов.

Для получения зависимостей разрешения от энергии и энергии от канала используется калибровочный спектр ^{266}Ra . Калибровочная кривая в обоих случаях берется в виде полинома первой или второй степени.

Библиотека изотопов, состоящая из двух разделов (массив описаний изотопов, массив описаний энергий и их квантовых выходов для каждого изотопа), используется для поиска в спектре всех γ -линий отдельных изотопов, что позволяет судить о наложениях. При наложении γ -линий предусматривается их математиче-

ское разделение из-за дополнительных условий, вводимых в задание на обработку данного участка спектра.

По окончании обработки спектра на печать выдаются символы идентифицированных изотопов, энергии фотопиков, по которым эти изотопы идентифицированы, содержание (в г/г) соответствующих элементов в образце и точность определения содержания.

В заключение авторы благодарят Г. Н. Флерова и В. С. Барашенкова за постоянный интерес к работе и поддержку, В. Я. Воропаева — за обсуждение результатов, Б. В. Фефилова и Л. П. Челнокова — за обеспечение четкой работы спектрометрической аппаратуры и ЭВМ.

Поступило в Редакцию 5/II 1975 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляева Л. М. и др. Сообщение ОИЯИ 10-7837, Дубна, 1974.
2. Злоказов В. Б. Сообщение ОИЯИ 10-7130, Дубна, 1973.

УДК 543.53

Определение марганца в алюминии методом нейтронной активации с помощью источника ^{252}Cf

САЙЛЕР К., ДАРОЦИ Ш., НАДЬ Ш., РАЙЧ П., ЧИКАИ Й., ГЕРГЕЙ Л.
(Университет им. Л. Кошута, Дебрецен, Венгрия)

В последние годы возрастает применение источника нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf в инструментальном активационном анализе. Этот источник имеет высокий удельный и практически постоянный во времени выход нейтронов, работа с ним очень проста. В то же время источник ^{252}Cf по цене вполне доступен для заводских лабораторий, где часто встречаются задачи, решение которых возможно с помощью источника, содержащего около 1 мг ^{252}Cf .

Вследствие большого сечения реакций (n, γ) для многих элементов предпочтительна активация тепловыми нейтронами, если матрица не сильно поглощает медленные нейтроны. Алюминий, например, представляет собой такую матрицу, поэтому некоторые компоненты и примеси алюминиевых сплавов могут определяться с большой точностью при помощи простого изотопного источника ^{252}Cf . Среди главных компонентов алюминиевых сплавов марганец имеет наибольшее сечение реакции (n, γ) для тепловых нейтронов: $\sigma_{\gamma}(^{65}\text{Mn}) = 13,3 \pm 0,2$ б [1]. Поэтому марганец — наиболее подходящий элемент для проверки возможности использования ^{252}Cf .

Цель настоящей работы — оценить точность, чувствительность, необходимое время для облучения и измерения и т. п. для количественного анализа марганца в алюминии с применением источника ^{252}Cf массой 660 мкг, Ge(Li)-детектора объемом 40 см^3 (разрешением $3,2 \text{ кэВ}$ при энергии $661,6 \text{ кэВ}$) и анализатора типа «Диак-4000». Абсолютная эффективность Ge(Li)-детектора в интервале энергий $50-1400 \text{ кэВ}$ была определена с помощью калиброванных источников ^{226}Ra и ^{182}Ta такого же размера, как и образцы [2]. Для замедления быстрых нейтронов использован водяной бак радиусом 60 и высотой 80 см.

Чтобы избрать оптимальное место облучения, были исследованы потоки тепловых, резонансных и быстрых

нейтронов в зависимости от расстояния r и глубины Z от источника (рис. 1). Потоки тепловых и резонансных нейтронов измерены фольгами Rh, Au и In толщиной 63,0; 40,85 и 0,30—4,71 мг/см² соответственно. Интегральные потоки быстрых нейтронов измерены с помощью пороговых реакций $^{115}\text{In}(n, n')$, $^{27}\text{Al}(n, p)$ и

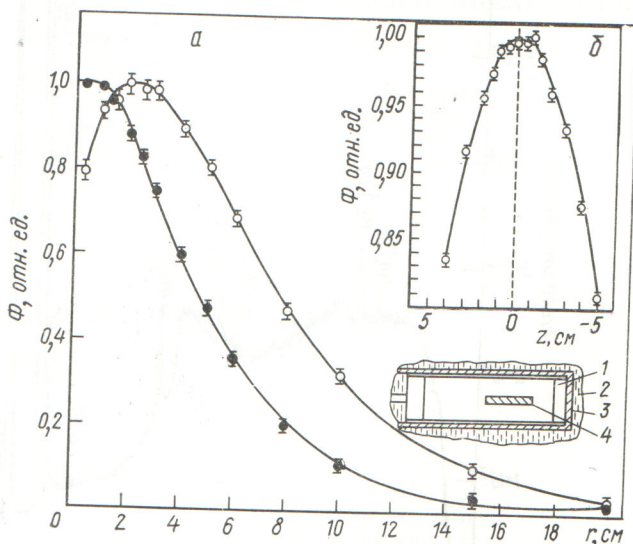


Рис. 1. Зависимость потоков нейтронов от расстояния до поверхности при $Z = 0$ (а) и от глубины при $r = 5$ см (б):

○ и ● — тепловые и резонансные нейтроны; 1 — коробка источника; 2 — вода; 3 — труба из плексигласа; 4 — Cf_2O

Количество марганца в сплавах AlMn, Таблица 1
определенное разными методами, 10^{-6}

Номер образца	Активационный метод	Абсорбционный спектральный метод	Метод измерения удельного сопротивления
1	$96,8 \pm 2,5$	100	—
2	297 ± 7	300	—
3	$3\,070 \pm 70$	3\,000	—
4	$19\,500 \pm 450$	18\,700	—
5	103 ± 3	—	105
6	518 ± 12	—	520
7	676 ± 19	—	—
8	788 ± 21	—	—
9	$2\,850 \pm 70$	—	2840
10	$6\,120 \pm 150$	—	6170
11	$15\,800 \pm 360$	—	5270
12	$30\,800 \pm 780$	—	—

$^{27}\text{Al}(n, \alpha)$; толщина дисков из индия и алюминия 290 и 620 $\text{мг}/\text{см}^2$ соответственно. Диаметры образцов такие же, как у образцов из сплавов AlMn. Из измеренных значений потоков тепловых и быстрых нейтронов был получен приблизительный оптимум для облучения в интервале расстояний 5—7 см от поверхности коробки источника.

Сплавы AlMn изготовлены из веществ высокой чистоты с количеством марганца $(100\text{—}30000) \cdot 10^{-6}$. Из сплавов обточены образцы диаметром 11 и толщиной 3 мм, общей массой 850 мг. Облучения проводились при $Z = 0$ и $r = 5$ см, время облучения и измерения варьировалось от 0,5 до 5 ч, а время охлаждения составляло 50 мин (чтобы избежать наложения γ -линий 846,6 и 843,76 кэВ [3] изотопов ^{56}Mn и ^{27}Mg соответственно). Абсолютная активность образцов AlMn и золотых фольг, с помощью которых было определено абсолютное значение потока тепловых нейтронов, были измерены Ge(Li)-детектором. Поток тепловых нейтронов на месте облучения при $r = 5$ составлял $\Phi_{\text{th}} = (5,64 \pm 0,07) \cdot 10^6 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Были учтены поправки, связанные с самоэкранированием образцов, возмущением потока, вкладом резонансных нейтронов, самопоглощением γ -квантов и наложением импульсов.

В табл. 1 сравниваются полученные методом нейтронной активации значения для содержания марганца со значениями, измеренными при помощи других методов. Результаты активационного определения марганца хорошо согласуются с результатами других

Чувствительность определения марганца, 10^{-6}

Таблица 2

Геометрия облучения $r, \text{см}$ ($Z = 0$)	$L_Q^{10\%}$	$L_Q^{33\%}$	$L_D^{95\%}$
0,3	9,7	2,7	3,0
2	5,1	1,4	1,5
5	4,1	1,0	1,1
7	5,3	1,3	1,4

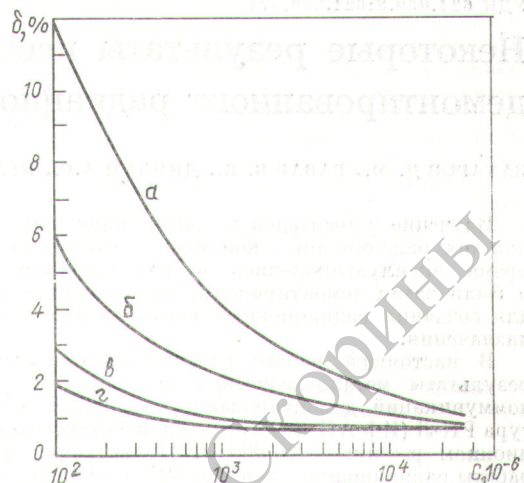


Рис. 2. Зависимость относительной погрешности анализа с помощью эталонов от времени и концентрации марганца:

$T_{\text{охл}} = 50$ мин; $T_{\text{обл}} = T_{\text{изм}} = 0,5$ (а); 1 (б); 2,5 (в) и 5 г (г) соответственно

методов. Расхождение для образца 11 объясняется тем, что метод измерения удельного сопротивления годен только при малых концентрациях марганца, пока сплав является твердым раствором.

На основе измеренных данных определена чувствительность количественного анализа с относительными стандартными отклонениями 10 и 33% и чувствительность качественного анализа с доверительностью 95% в зависимости от геометрии опыта (табл. 2), которые были рассчитаны по методу Карри [4]; данные в табл. 2 получены при $T_{\text{обл}} = T_{\text{изм}} = 5$ ч и $T_{\text{охл}} = 50$ мин.

Если анализ проводится с помощью нескольких стандартных образцов AlMn, интересно оценить относительную погрешность анализа в зависимости от времени и концентрации. Результаты таких расчетов показаны на рис. 2; в расчетах, относящихся к геометрии $Z = 0, r = 5$ см, пренебрегалось погрешностью стандартизации. Из рис. 2 видно, что большие концентрации марганца даже при незначительной затрате времени (около 2 ч) могут определяться с точностью лучше 5%. Следует отметить, что время охлаждения можно уменьшить до нескольких минут, одновременно уменьшается и время анализа до 1 ч. В этом случае, конечно, надо учитывать вклад γ -линии 843,76 кэВ изотопа ^{27}Mg .

Поступило в Редакцию 6/II 1975 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Neutron Fluence Measurements. Technical Rep., Series N 107. Vienna, IAEA, 1970, STI/DOC(10)107.
2. Nagy S. e. a. «Magyar Fizikai Folyoirat», 1974, v. XXII, p. 323.
3. Radioactive Decay Gamma-Ray Spectra Compilation, ORNL, 1973, DLC-19.
4. Currie L. «Anal. Chem.», 1968, v. 40, p. 586.