

О возможностях фотонейтронного метода определения водорода в тяжелых металлах

Н. П. МАЗЮКЕВИЧ, В. А. ШКОДА-УЛЬЯНОВ

УДК 543.843

Технология производства в новых отраслях техники требует таких материалов, которые обладают высокой степенью чистоты по отношению ко многим примесям. В некоторых случаях необходимо контролировать примесь водорода в количестве $5 \cdot 10^{-6}\%$ [1].

Применяемые методы анализа газовых примесей не обеспечивают необходимой чувствительности [2, 3] и обладают невыгодными свойствами — нужны небольшие образцы (весом до нескольких грамм), необходима их предварительная подготовка, продолжительность анализа составляет несколько часов, при анализе образец разрушается и др.

Для определения средней концентрации газов в больших металлических слитках без их разрушения и осуществления автоматизации процесса анализа необходимы экспрессные методы.

Создание малогабаритных и сравнительно недорогих сильноточных ускорителей электронов с токами от десятков микроампер до десятков миллиампер [4, 5] делает целесообразной теоретическую и экспериментальную проверку возможностей фотонейтронного метода для определения среднего содержания водорода. Этот метод основан на регистрации фотонейтронов из реакции $D(\gamma, n)H^1$ (порог $2,23 M\text{eV}$), вызываемой лавинными фотонами в толще образца при облучении его γ - или электронным пучком высокой интенсивности. На точность определения водорода будет влиять примесь бериллия [порог (γ, n) -реакции равен $1,67 M\text{eV}$].

В настоящей работе при помощи лавинной теории Беленьского — Тамма были рассчитаны выходы фотонейтронов из водорода и бериллия, присутствующих в свинце в количестве $10^{-4}\%$, в энергетическом интер-

Выходы нейтронов из бериллия и водорода

$E, M\text{eV}$	$Q_{Be} \times 10^{-9}$ нейтрон/электрон	$Q_H \times 10^{-12}$ нейтрон/электрон
1,67	—	—
2,24	0,01	—
2,80	0,04	0,003
3,35	0,07	0,08
3,91	0,12	0,20
4,48	0,17	0,35
5,03	0,24	0,54
5,59	0,31	0,76
6,15	0,38	0,97
6,71	0,46	1,2

вале от порогов (γ, n) -реакции до $E = 6,71 M\text{eV}$ (см. таблицу). Из таблицы видно, что при $E \approx 4,5 M\text{eV}$, где вклад (γ, n) -реакции на изотопе O^{17} (порог $4,14 M\text{eV}$) еще достаточно мал, имеет место отношение $Q_{Be} : Q_H = 500$, т. е. определение водорода «на фоне» бериллия при одинаковых концентрациях этих изотопов практически невозможно. Однако если примесь бериллия на 2—3 порядка меньше примеси водорода, то решение задачи упрощается. Имеется сообщение о наличии в металлическом уране $10^{-6}\%$ бериллия [6], что позволяет выявить в нем фотонейтронным методом 10^{-3} — $10^{-4}\%$ водорода. При таком количестве бериллия этот вывод справедлив и для других тяжелых металлов. Оценить чувствительность метода к водороду в различных металлах, к сожалению, можно не всегда, так как в литературе практически отсутствуют данные о содержании бериллия в металлах.

Если образец свинца содержит $10^{-4}\%$ водорода и примесь бериллия составляет 10^{-6} , то для достижения статистической точности регистрации фотонейтронов, равной 5%, необходимо 400 сек; в случае отсутствия бериллия потребуется ~ 40 сек. Оценка была проведена при облучении образца электронным пучком $50 \mu\text{ka}$ с энергией $4,5 M\text{eV}$ и эффективности счета 10%.

Увеличение тока ускорителя при постоянных других условиях сопровождается пропорциональным уменьшением времени анализа и делает в принципе возможным осуществление конвейерного способа контроля за чистотой слитков металлургической продукции.

Поступило в Редакцию 15/VI 1966 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Ч. Харрингтон, А. Рюэле. Технология производства урана. М., Госатомиздат, 1961.
- И. А. Бerezин, В. И. Малышев. «Ж. аналит. химии», **17**, 1101 (1962).
- H. Waldrup. Nucl. Sci. and Engng, **13**, 366 (1962).
- О. А. Вальднер, А. А. Глазков, А. И. Фионогенов. «Приборы и техника эксперимента», № 3, 29 (1963).
- Г. И. Будкер. «Атомная энергия», **19**, 497 (1965).
- П. Н. Палей, Е. В. Безрогова. «Ж. аналит. химии», **16**, 57 (1961).