

Употребление светофильтров, срезающих активничную часть спектра, позволяет избежать окрашивания образцов.

То, что хлористое серебро и другие «прозрачные металлы» обладают структурой, механическими свойствами и механизмом перераспределения напряжений под воздействием внешних факторов, качественно подобными тем, которыми обладают металлы, делает их незаменимыми для целей моделирования и открывает перед оптическими методами изучения напряжений в металлах совершенно новые возможности. С их помощью могут исследоваться такие, недоступные ранее, процессы, как взаимодействие между зёрнами, поведение отдельных зёрен и границ между ними, релаксационные процессы, рекристаллизация, отдых, кинетика процессов обработки, таких как ковка, прокатка, отжиг, резание (резцом из «прозрачного металла» большей твёрдости — детали из «прозрачного металла» меньшей твердости), остаточные напряжения и т. д.

В качестве примеров применимости «прозрачного металла» для исследований подобного рода автор приводит ряд результатов проведённого им изучения остаточных напряжений, возникающих в результате прессования, и их изменения во времени, напряжений при растяжении и круговом изгибе поликристаллического образца, а также поведение отдельных зёрен в крупнокристаллическом образце при сжатии и растяжении. В последнем случае им отмечено, что несмотря на однородность заданного внешнего напряжения, напряжения внутри образца меняются от точки к точке и по величине и по направлению, причём не только от зерна к зерну, но и в пределах одного зерна.

На рис. 2 приведена полученная автором фотография (со светофильтром) крупнокристаллического образца под нагрузкой, полученная при скрещенных николях (напряжение 820 г/мм^2 , площадь $8 \times 2 \text{ мм}^2$; оси николей расположены под углом 45° к направлению растяжения). Этот снимок, на котором отчётливо видны границы между зёрнами, даёт представление о напряжённых состояниях отдельных участков образца, определяемых не только внешними силами, но и взаимодействием зёрен (анизотропия упругих констант кристалла). Особенно наглядно эта картина выступает на приведённой в работе цветной фотографии.

Автор указывает, что при малых нагрузках снятие нагрузки ведёт к исчезновению картины. Но если нагрузка превышает некоторую (малую) величину, то наблюдаются остаточные напряжения, локализованные главным образом вдоль границ зёрен и линий сдвигов, если напряжение было достаточно для их образования.

Автор указывает, что необходимы дальнейшее изучение свойств «прозрачных металлов» и разработка законов моделирования и подобия. Нет сомнения, что уже в ближайшем будущем применение «прозрачных металлов» для целей изучения процессов, происходящих в реальных металлах, позволит разрешить ряд конкретных задач, имеющих огромное практическое значение.

Г. Розенберг

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СЕРЫ В МЕТЕОРИТАХ И ЗЕМНЫХ ОБЪЕКТАХ

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева долгое время основывалась на химических атомных весах. Это оказалось возможным благодаря тому, что атомные веса различных элементов в пределах точности, доступной химическому анализу, оставались практически неизменными, независимо от того, из каких веществ выделялись эти элементы и в каких частях земного шара добывались эти вещества. До открытия изотопии и связи между зарядом ядра и местом атома в периодической

системе постоянство атомных весов казалось естественной необходимостью, а аномалии в расположении некоторых элементов (аргон — калий и др.) оставались необъяснёнными.

Открытие изотопов поставило перед наукой проблему постоянства атомных весов. Систематические исследования изотопного состава элементов с помощью масс-спектрального метода, точность которого намного превосходит точность химических методов, показали, что если и наблюдаются иногда колебания в процентном содержании изотопов, то они невелики. Подобные исследования были сделаны для изотопов H, B, C, O, Si, Cl, Ar, K, Fe, Ni, Sr, Sb, Pb¹. Вопрос о причинах постоянства изотопного состава элементов имеет очень большой интерес, так как он непосредственно связан с вопросом о происхождении элементов и образовании Земли.

Особый интерес этот вопрос приобрёл тогда, когда наряду с земными объектами стали изучать атомные веса и изотопный состав элементов в метеоритах, приходящих на землю из космического пространства. Тщательными химическими анализами было установлено, что атомные веса земных и метеоритных элементов C, O, Si, Cl, K, Fe, Ni, Cu, Ga одинаковы². Произведённые в последнее время анализы изотопного состава некоторых элементов (C, O, Fe, Cu, Ga) также не обнаружили никакого различия в пределах точности масс-спектрального метода. Однако число работ по сравнению изотопного состава земных и метеоритных элементов, а тем более число исследованных элементов крайне незначительно. Поэтому дальнейшие исследования в этой области являются весьма важными.

Недавно в Институте геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского А. Трофимовым было выполнено исследование изотопного состава серы в метеоритах и земных объектах³. Определение изотопного состава земной серы, сделанное Ниром в 1938 г.⁴, показало, что она имеет четыре стабильных изотопа следующего процентного содержания. S^{32} (95,1%), S^{33} (0,74%); S^{34} (4,2%), S^{36} (0,016%). С тех пор никаких исследований изотопного состава серы не производилось.

В работе А. Трофимова были исследованы четыре образца серы, извлечённые из двух каменных (Саратов и Гросслибенталь) и двух железных (Августиновка и Сихотэ-Алинь) метеоритов. Для сравнения были взяты также четыре образца земной серы: вода Гренландского моря; вулканическая элементарная сера, добытая из Ключевской сопки; пирит и реактивная серная кислота. Анализ производился с помощью секторного масс-спектрометра (величина сектора 90°), построенного по типу масс-спектрометров Нира⁵ и Хипла⁶. Концентрация изотопов определялась путём измерения ионных токов с помощью лампового усилителя, предельная чувствительность которого равнялась $\sim 1 \cdot 10^{-15}$ а на 1 мм шкалы зеркального гальванометра. Управление пучком ионов осуществлялось изменением ускоряющего поля, причём в отличие от работы Нира, были определены ошибки от «вольт-эффекта» и введены поправки на него в окончательные результаты. Для проведения анализа из всех образцов были приготовлены пробы сернистого газа SO_2 . При ионизации газа в источнике ионов, производимой электронами с энергией ~ 60 eV, возникают ионы SO_2^+ и, в меньшем количестве, ионы SO^+ и S^+ . Каждый из них образует группу пиков, соответствующих всем возможным комбинациям изотопов серы и кислорода. Однако ионы SO_2^+ , а также и S^+ попадали в область диапазона масс, в которой в приборе после введения газа возникал неустраняемый фон, резко и нерегулярно искажавший картину распределения изотопов. В области же масс ионов SO^+ , заключённой между 48 ($S^{32}O^{16}$) и 52 ($S^{34}O^{18}$), вакуумный фон отсутствовал даже при продолжительной непрерывной работе прибора, а картина пиков

хорошо воспроизводилась при повторных измерениях. Поэтому определение изотопного состава у всех проб производилось только на ионах SO^+ . Было выполнено две серии независимых измерений, произведённых в разное время. Определение отношения $\text{S}^{34}:\text{S}^{32}$ было сделано с точностью до 1%, а отношения $\text{S}^{33}:\text{S}^{32}$ — до 3%. Относительно малораспространённого изотопа S^{36} удалось лишь показать, что порядок его концентрации был одинаков во всех пробах. Усреднённые результаты измерения, составленные с учётом влияния разных изотопов кислорода и поправок на «вольт-эффект», приведены в таблице.

Метеориты	$\text{S}^{32}:\text{S}^{33}:\text{S}^{34}$	Земные объекты	$\text{S}^{32}:\text{S}^{33}:\text{S}^{34}$
Саратов . . .	100 : 0,78 : 4,53	Морская вода	100 : 0,81 : 4,60
Гросслибенталь	100 : 0,79 : 4,56	Вулканическая сера	100 : 0,81 : 4,56
Августиновка	100 : 0,79 : 4,56	Пирит	100 : 0,80 : 4,56
Сихотэ-Алинь	100 : 0,79 : 4,54	Серная кислота	100 : 0,79 : 4,56
Среднее . . .	100 : 0,79 : 4,55	Среднее . . .	100 : 0,80 : 4,57

Из таблицы видно, во-первых, что изотопный состав серы одинаков во всех четырёх метеоритах, и средний изотопный состав земной и метеоритной серы совершенно одинаков, как и у остальных исследованных до сих пор элементов. Во-вторых, оказалось, что отношение, полученное для морской воды, заметно отличается от всех других, указывая на наличие обогащения её тяжёлым изотопом S^{34} . Это обогащение составляет примерно 1%, т. е. находится почти в пределах возможной ошибки измерений, однако оно, повидимому, вполне реально, так как наблюдалось при всех измерениях. Тот факт, что морская вода обогащается именно тяжёлым изотопом, также подтверждает возможность существования какого-то процесса, ответственного за это обогащение. Наконец, так как степень точности описанных измерений в два раза выше, чем у Нира, и, кроме того, число измерений изотопного состава здесь значительно больше, то среднее отношение изотопов серы, вычисленное на основе всех данных таблицы и равное $\text{S}^{32}:\text{S}^{33}:\text{S}^{34} = 100:0,80:4,56$, является более точным, чем данное Ниром и входящее во все таблицы изотопов значение 100:0,78:4,4.

В. Л.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. В. Астон, Масс-спектры и изотопы, ИЛ (1948).
2. C. Baxter and F. Hilton, Journ. Am. Chem. Soc. **115**, 694 (1923).
3. А. Трофимов, ДАН СССР, LXVI, № 2, 181 (1949).
4. A. Nier, Rhys. Rev. **53**, 282 (1938).
5. A. Nier, Rev. Sc. Instr. **11**, 212 (1940).
6. J. Hipple, Journ. Appl. Phys. **13**, 551 (1942).