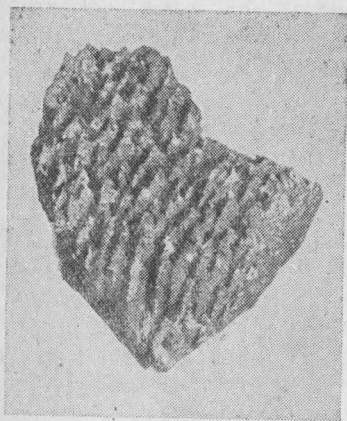


**Н. Н. КУРНАКОВ и Г. Б. БОКИЙ**  
**КРИСТАЛЛЫ СИЛИКОХРОМА**

(Представлено академиком Н. С. Курнаковым 26 XI 1939)

В металлических сплавах, имеющих хорошо образованные кристаллы, удается наблюдать изменение кристаллических форм при переходе от одной фазы к другой. Каждой фазе отвечает свойственная ей форма кристаллов. Нами уже были описаны кристаллы силикомарганца<sup>(1)</sup> Зестафонского и Тбилисского заводов и ферросилиция<sup>(2)</sup> из Челябинска, Запорожья и Зестафони. То же можно наблюдать и в силикохроме—сплаве кремния, хрома и железа, получаемом на заводах ферросплавов в качестве полупродукта для дальнейшей переработки в феррохром с весьма небольшим содержанием углерода (до 0,06% С).



Фиг. 1. Кристаллы челябинского силикохрома 1938 г.

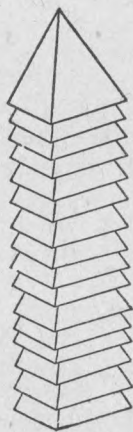
Исследуя двойные сплавы хрома с кремнием, Фриллей<sup>(3)</sup> указал, что вид кристаллов, находимых в этих сплавах, сильно меняется. В сплавах с содержанием Si до 30% имеются иглы, а с 35—50% Si можно встретить ясно выраженные призмы, вероятно принадлежащие к орторомбической системе. Борен<sup>(4)</sup>, исследовавший систему хром-кремний, рентгенографически установил, что силицид хрома  $Cr_3Si$  (15,24% Si) и моносилицид хрома  $CrSi$  (35,05% Cr) кристаллизуются в кубической системе, тогда как бисилицид хрома  $CrSi_2$  (51,90% Si) относится к гексагональной системе. Что же касается фазы  $\Theta_2$ , имеющей по данным Борена<sup>(4)</sup> довольно сложный состав (не установленный этим исследователем), то она не может быть

причислена к кубической системе, а вероятнее всего принадлежит к ромбической. Андерсен и Джетт<sup>(5)</sup> приписывают фазе  $\Theta$  Борена состав  $Cr_3Si_2$ , относя ее с известной вероятностью к орторомбической системе.

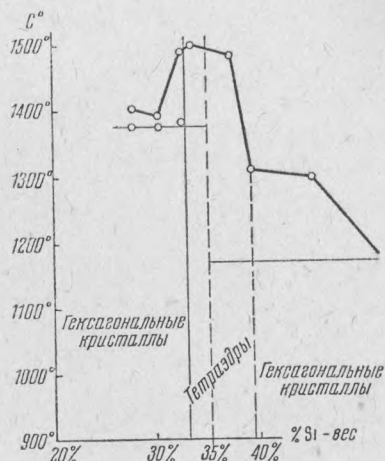
Исследованный нами образец силикохрома Челябинского завода ферросплавов 1938 г. представлял собой штафф. В нижней части он был мелкокристаллический, сплошной, а в верхней имел сплошную щетку столбчатых однородных кристаллов (фиг. 1). Толщина столбика 2—3 мм. При внимательном рассмотрении нетрудно видеть, что отдельные столбики состоят из отдельных тетраэдрических кристаллов, сросшихся в параллельном положении. Ось столбика совпадает с тройной осью тетраэдра (фиг. 2).

Измерение на гониометре не могло быть произведено сколь-нибудь точно, так как грани кристаллов весьма несовершенны. Результаты приблизительного измерения показывают, что наклон косых граней  $\rho = 71^\circ$ , что как раз соответствует наклону граней тетраэдра. Произведенный анализ кристаллов показал 33,46% Si; 45,53% Cr и 21,6% Fe.

Еще лучше были образованы кристаллы образца силикохрома 1939 г. Челябинского завода. Этот образец состоял из тетраэдрических кристаллов, сросшихся друг с другом в виде многочисленных дендритов. В верхней части такое скопление обычно было увенчано одиночным кристаллом,



Фиг. 2. Параллельный сросток тетраэдрических кристаллов челябинского силикохрома 1938 г.



Фиг. 3. Границы кристаллических фаз силикохрома на диаграмме плавкости.

а внизу состояло из целого ряда кристаллов. Благодаря такому развитию все скопление напоминает по форме «елку». Вершины «елок» были покрыты беловатым налетом.

Аналогичные образования мы наблюдали на двух других образцах силикохрома 1938 г. того же завода. Тетраэдры на них были образованы значительно хуже. Химический анализ этих кристаллов помещен в табл. 1.

Проба № 6 Челябинского завода представляла иголки, выкристаллизовавшиеся в пустотах. Под микроскопом можно было различить, что каждая иголочка в действительности представляет собой совокупность тетраэдров, сросшихся друг с другом в параллельном положении в направлении тройной оси. Результаты измерения на гониометре подтверждают это (табл. 2).

Таблица 1

Химические анализы тетраэдрических кристаллов силикохрома Челябинского завода

Название образцов	% Si	% Cr	% Fe
Образец 1938 г. . . . .	33,46	45,53	21,6
» 1939 г. . . . .	36,25	40,95	21,88
» А 1938 г. . . . .	34,30	39,25	22,18
» В 1938 г. . . . .	33,84	38,70	21,66
Проба № 6 . . . . .	32,70	44,25	

Таблица 2

№	$\varphi$	$\rho$
1	$0^\circ 00'$	$71^\circ 09'$
2	$240^\circ 00'$	$71^\circ 09'$
3	$120^\circ 00'$	$71^\circ 09'$

Две следующие пробы № 8 и № 10 силикохрома Челябинского завода представляли сплошные металлические куски серого цвета. В пустотах нередко можно было наблюдать одиночные игольчатые кристаллы, выросшие обоими концами в стенки. Вследствие этой особенности нельзя было выломать кристаллы, не повредив их концов. Измерить на гониометре можно было поэтому только один пояс.

В пробах № 8 и № 10 была обнаружена гексагональная призма, измеренная с большей точностью (табл. 3).

Таблица 3

Проба № 8: Si 22,56%; Cr 43,80%			Проба № 10: Si 27,26%; Cr 44,90%		
№	$\varphi$	$\rho$	№	$\varphi$	$\rho$
1	0°00'	90°00'	1	0°00'	90°00'
2	60°00'	90°00'	2	59°55'	90°00'
3	120°00'	90°00'	3	119°55'	90°00'
4	180°00'	90°00'	4	180°05'	90°00'
5	240°00'	90°00'	5	240°00'	90°00'
6	300°00'	90°00'	6	299°54'	90°00'

Кроме того нами кристаллографически был изучен ряд сплавов, оставшихся после термического анализа тройной системы Cr-Si-Fe. Состав сплавов соответствовал силикохрому Челябинского завода. Отношение хрома к кремнию было переменным, а содержание железа было около 25%.

В табл. 4 приведены химические анализы и кристаллографическая форма твердых фаз.

Из табл. 4 видно, что в сплавах с содержанием от 27,89 до 32,40% Si найдены гексагональные кристаллы. Между содержанием 32,40 и 33,7% Si проходит резкая граница изменения форм кристаллов (фиг. 3). В сплавах

Таблица 4

Химические анализы и форма кристаллов тройной системы Cr-Si-Fe

№ сплавов	% Si	% Cr	% Fe	Форма кристаллов
T-26	27,89	47,30	24,06	Иглы
T-30	30,37	43,45	23,59	Хорошо образованные игольчатые кристаллы: гексагональные призмы
T-34	31,49	42,75	23,78	То же
T-35	32,40	41,70	23,68	» »
T-36	33,7	38,25	25,78	Хорошо образованные тетраэдры
T-38	37,52	38,30	23,60	То же
T-41	39,33	35,75	23,49	Фигуры роста: вытянутые в линию, срощенные мелкие тетраэдры (?)
T-45	45,47	26,65	27,31	Плохо образованные кристаллы
T-47	46,55	28,25	24,44	Удлиненные игольчатые кристаллы; тетраэдров нет
T-52	52,42	19,70	26,45	Нет ясно выраженных кристаллов
T-53	52,50	20,15	27,0	То же
T-55	53,61	17,95	27,31	» »
T-60	60,27	14,45	24,83	» »

с содержанием кремния более 33,7% кристаллы имеют форму тетраэдров. Нижняя граница распространения этой кристаллической фазы не может быть проведена столь же четко, как верхняя.

В сплавах с содержанием 46,55% Si тетраэдров уже нет. Кристаллы здесь игольчатые; измерению на гониометре они, к сожалению, не поддаются. Начиная от содержания 52,42% Si и выше, в сплавах не наблюдается ясно выраженных кристаллов.

По данным Андерсен и Джетт<sup>(5)</sup> сплавы хрома с кремнием и железом с содержанием кремния, близким к 35% Si, имеют состав (Cr,Fe)Si, т. е. они представляют моносилицид кремния CrSi, в котором часть хрома замещена железом. Нами было уже указано, что по данным Борена<sup>(4)</sup> моносилицид хрома CrSi относится к кубической системе. По измерениям Д. С. Белянкина моносилицид железа FeSi, исследованный Н. С. Курнаковым и Г. Г. Уразовым<sup>(6)</sup>, кристаллизуется в тетраэдрах кубической системы.

Таким образом силикохром в области, близкой к моносилициду, кристаллизуется в тетраэдрах. При замещении части хрома железом в моносилициде хрома CrSi, в результате чего образуется фаза состава (Cr,Fe)Si, также сохраняется форма тетраэдров.

Произведенное нами исследование кристаллов двойного сплава хрома с кремнием, содержащего 39,28% Si и 60,25% Cr, полученного при исследовании системы Cr-Si термическим методом, дает возможность наметить нижнюю границу области тетраэдров. Этот сплав имеет гексагональные кристаллы.

Институт общей и неорганической химии  
Академия Наук СССР

Поступило  
29 XI 1939

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Н. Н. Курнаков, Успехи химии, V, вып. 7 (1936). <sup>2</sup> Н. Н. Курнаков и Г. Б. Бокий, Изв. Академии Наук, хим. серия, стр. 920 (1938). <sup>3</sup> Frilley, Rev. Met., 457 (1911). <sup>4</sup> Borén, Arkiv for Kemi, Mineralogi och Geologi, 11, № 10, 1—28 (1934). <sup>5</sup> Andersen a. Jette, Trans. Am. Soc. for Metals, XXIV, 375 (1936). <sup>6</sup> Н. С. Курнаков и Г. Г. Уразов, Горн. журн., 3, 167 (1914).