

В. А. НЕМИЛОВ и А. А. РУДНИЦКИЙ

О СПЛАВАХ ЗОЛОТА С МАРГАНЦЕМ

Первое подробное исследование системы Au — Mn относится к 1915 г., когда N. Pargavano и U. Perret (1) исследовали систему Au — Mn методами термического анализа и твердости. В результате своих исследований авторы пришли к заключению о наличии эвтектики в области 25—75 вес. % Au (8—45 атомн. % Au) при температуре 1085°. В остальной части системы авторы предполагают наличие ряда твердых растворов. Исследование твердости по Бринеллю, произведенное авторами, показало наличие минимума твердости при 50 ат. % Au, сплава, соответствующего по составу соединению MnAu.

В 1926 г. L. Hahn и S. Kyropoulos (2) произвели исследование системы методами термического анализа и твердости по Моосу, а также исследовали изменение растворимости сплавов в зависимости от состава. Результаты, полученные авторами, отличаются от полученных N. Pargavano и U. Perret. Кривая плавкости должна быть отнесена к типу кривых для ряда твердых растворов с максимумом при 50 ат. % Au, твердость по Моосу дала для 50 ат. % максимум твердости. Исследование растворимости системы в соляной кислоте не дало возможности авторам сделать окончательное заключение о наличии или отсутствии химического соединения MnAu.

В 1933 г. появилась работа H. Moser, E. Raub и E. Vincke (3). Авторы исследовали систему Au — Mn методами термического анализа, микроструктуры и твердости по Бринеллю (в области, богатой золотом). Они приходят к заключению, что сплавы в области 29—100 ат. % Au застывают с образованием твердого раствора. При 67.2 ат. % Au кривая плавкости имеет минимум, при 50 ат. % — максимум, соответствующий химическому соединению AuMn. Однако, подтверждения наличия соединения AuMn другими методами авторами не приводится. В области сплавов, богатых марганцем, при 26 ат. % Au (56 вес. %), по данным авторов, сплавы образуют эвтектику, область которой доходит до 15 ат. % Au. На основании горизонтальности ликвидуса в области 18.5—21.8 ат. % Au авторы предполагают наличие в этой области разрыва растворимости в жидком состоянии. У сплавов в твердом состоянии авторами установлено три превращения, одно в области, близкой к марганцу, вызываемое посторонними примесями к марганцу, второе, связанное с превращением α -в β -марганец и вызывающее эвтектоидное распадение твердого раствора, с эвтектоидной точкой около 5 ат. % Au. Третье превращение в твердом

состоянии относится к области 67.2—71.6 ат. % Au, представляющее, по мнению авторов, превращение одного твердого раствора в другой и требующее дальнейшего подробного исследования.

В 1934 г. Н. Bumm и U. Dehlinger (4) исследовали рентгенографическим методом систему золото-марганец. Для своей работы они использовали сплавы, исследованные Н. Moser, E. Raub и E. Vincke (анализы также не приводятся). Исследованием установлено наличие при высоких температурах непрерывного ряда твердых растворов золота в марганце (кубическая, плоскоцентрированная решетка), доходящего до 94.6 ат. % Mn; далее до 96 ат. % Mn следует двухфазная область с плоскоцентрированной кубической решеткой и тетрагональной решеткой γ -марганца. В области около 25 ат. % Mn (по чертежу около 29 ат. %) установлено около 700° распадение твердого раствора, с образованием сверхструктурной, тетрагонально-плоскоцентрированной решетки. В области 50 ат. % Au установлено образование из твердого раствора при 700° новой фазы с сверхструктурной тетрагональнопространственно-центрированной решеткой. Исследователи считают, что эта новая фаза не доходит до температуры плавления и отрицают возможность образования из расплавленного состояния химического соединения AuMn.

Нами произведено исследование системы методами термического анализа, твердости по Бринеллю, микроструктуры и электропроводности.

Материалами для приготовления сплавов служили марганец, полученный по методу Гольдшмидта, с содержанием примесей Si — 0.35%, Fe — 0.30% и Al — 0.29% и металлическое золото с содержанием примесей около 0.02%.

Приготовление сплавов производилось в печи высокой частоты в вакууме, причем для изучения твердости и микроструктуры, а также для приготовления образцов для изучения электропроводности приготавливались сплавы весом около 15—20 г. Сплавы для термического анализа, весом по 30—50 г готовились в кристольной печи. Тигли применялись шамотовые изготовления завода Лензос в Ленинграде. Все сплавы были проанализированы.

После растворения сплава в царской водке, раствор повторно выпаривался с соляной кислотой, нерастворимый остаток — кремнезем — отфильтровывался, золото восстанавливалось сернокислой солью закиси железа, прокаливалось и взвешивалось.

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Запись кривых охлаждения производилась при помощи платино-платинородиевой термопары регистрирующим пирометром системы Н. С. Курнакова.

Результаты исследования приведены в табл. 1 и на диаграмме (фиг. 1).

Термический анализ сплавов, несмотря на применение защитного слоя буры, вследствие исключительно легкой окисляемости марганца и растворения материала тигля окислами марганца, представляет значительные экспериментальные трудности, в особенности — анализ сплавов, богатых марганцем.

Таблица 1

% Au		t затвердевания в °C		t превращения в тверд. сост. в °C		% Au		t затвердевания в °C		t превращения в тверд. сост. в °C	
атомн.	весов.	начало	конец	начало	конец	атомн.	весов.	начало	конец	начало	конец
0	0	1244				64.14	86.52	1055	969	564	—
2.74	9.19	1174	1130	566		65.94	87.42	1011	967	639	—
6.05	18.78	1153	1112			69.06	88.90	965	—	672	623
11.06	30.88	1108	1181	596		72.10	90.27	982	969	610	576
20.17	47.57	1050				81.83	94.17	1006	985		
27.20	57.28	1080	1055	633		89.69	96.88	1014	996		
34.21	65.12	1096	1057	617		100.00	100.00	1063.4			
47.96	76.79	1275	1242								
57.64	83.01	1234	1203								
63.29	86.09	1092	977								

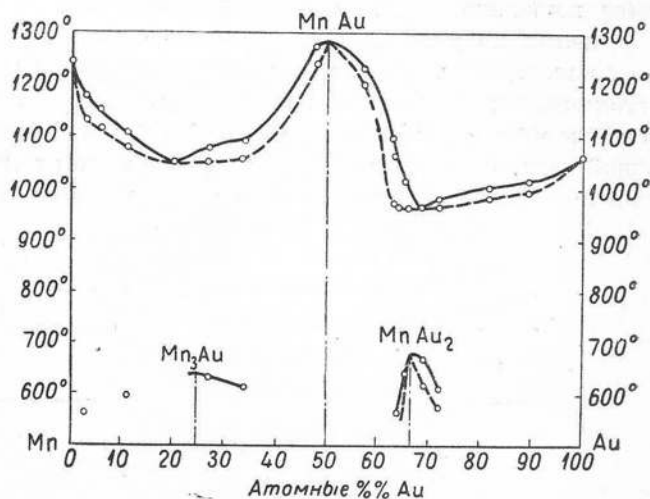
Как видно из диаграммы, кривая плавкости представляет изогнутую кривую с минимумами около 20 и 70 ат. % Au и максимумом, соответствующим отношению компонентов 1:1. В твердом состоянии сплавы испытывают ряд превращений.

Сплав с содержанием золота 2.75 ат. % имеет превращение при 566°, сплав с 11.06 ат. % — при 596°. Возможно, что эти остановки вызваны превращением β -марганца в α -марганец.

В области 20—35 ат. % Au имеется ряд остановок, весьма ве-

роятно, вызванных образованием из твердого раствора химического соединения Mn_3Au . Наличие образования этого соединения, весьма неясно выраженного на кривых охлаждения, очень отчетливо проявляется на кривых электрических свойств (см. гл. III. «Электропроводность»).

В области сплавов с содержанием золота около 66.6 ат. % Au имеется превращение, вызываемое образованием из твердого раствора химического соединения Au_2Mn . Что эта новая фаза действительно представляет химическое соединение, подтверждается применением других методов физико-химического анализа (см. гл. II, III).



Фиг. 1.

ТВЕРДОСТЬ

Надлежащим образом отшлифованные сплавы были подвергнуты исследованию твердости. Твердость определялась на прессе Бринелля фирмы «Gesellschaft für Feinmechanik», при нагрузке в 250 кг и диаметре шарика 10 мм.

Результаты определения твердости литых (неотожженных) сплавов не приводятся, так как в результате операции шлифовки появляется механический наклеп, искажающий истинную величину твердости; кроме того, сравнительно быстрое охлаждение сплавов не дает возможности завершиться начавшимися превращениями в твердом состоянии.

Все сплавы были подвергнуты длительному отжигу в печи сопротивления в расплавленной буре для предохранения от окисления при $t=600^\circ$ в течение 7 суток, после чего температура медленным включением реостата была понижена до 400° , выдержана двое суток и затем медленно понижалась до комнатной температуры.

Определение твердости сплавов, богатых золотом, не представляет затруднений; сплавы с содержанием Au около 50 ат. % настолько хрупки, что рассыпаются даже при сравнительно небольшом давлении, не представляя возможности произвести измерение. Сплавы с преобладающим содержанием марганца — до 35 ат. % Au — также слишком хрупки, чтобы возможно было произвести измерения.

В целях получения диаграммы твердости, характеризующей состояние системы при температурах выше температур превращений в твердом состоянии, все сплавы были подвергнуты нагреву в печи сопротивления в течение часа при температуре $800-850^\circ$, после чего были закалены в холодной воде. Результаты измерения твердости отожженных и закаленных сплавов приведены в табл. 2 и на диаграмме (фиг. 2).

Таблица 2

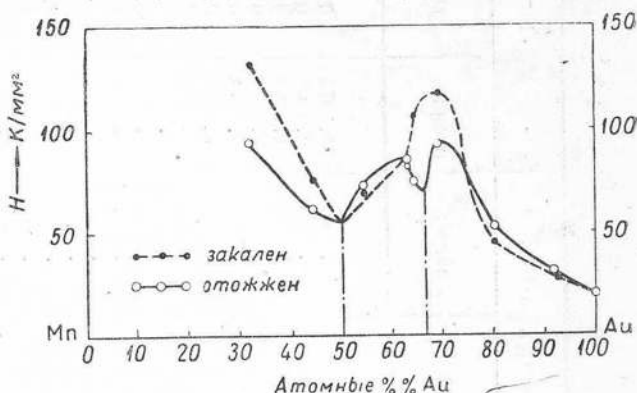
% Au		Твердость кг/мм ²	
атомн. %	весов. %	отожженных сплавов	закаленных сплавов
32.45	63.29	104.6	132.7
45.48	74.96	62.5	76.4
55.01	81.44	72.7	69.7
63.58	86.24	86.0	82.2
64.77	86.84	74.5	105.8
69.25	88.99	93.0	117.6
80.61	93.72	53.1	44.9
92.56	97.81	31.5	27.0
100.00	100	18.6	

Твердость как отожженных, так и закаленных сплавов золота с марганцем, при увеличении содержания золота от 35 к 50 ат. %, понижается. Это понижение твердости, повидимому, вызывается наличием химического соединения MnAu. К сожалению, твердость сплавов, точно отвечающих

по составу химическому соединению $MnAu$, не могла быть измерена вследствие исключительной хрупкости сплавов. По мере прибавления Au к химическому соединению $MnAu$, твердость закаленных сплавов увеличивается, достигая плавного максимума около 70 ат. % и затем плавно понижаясь к чистому золоту. Эта форма кривой подтверждает предположение о наличии при высоких температурах непрерывного ряда твердых растворов химического соединения $MnAu$ в золоте. Кривая твердости отожженных сплавов имеет несколько иной вид. Увеличивающаяся при прибавлении золота к химическому соединению $MnAu$ твердость вновь понижается к сплаву с содержанием 66.6 ат. % Au , давая в этой точке сингулярную точку-минимум. При дальнейшем увеличении содержания золота твердость отожженных сплавов вновь увеличивается и, достигнув плавного максимума около 70 ат. % Au , понижается к чистому золоту.

Изучение твердости сплавов золота с марганцем, представляя

значительные экспериментальные трудности и не давая полной диаграммы состав-свойство, тем не менее подтверждает наличие химического соединения $MnAu$, образующегося из расплавленного состояния, и химического соединения Au_2Mn , образующегося из твердого раствора при температуре около 700° и дающего с избыточными компонентами твердые растворы.



Фиг. 2.

ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ

Приготовить образцы для измерения электросопротивления путем прокатки на ручном прокатном станке и дальнейшей протяжки через волоочильную доску для всех сплавов не представлялось возможным.

Таким образом были получены образцы из сплавов с содержанием золота 92.5 ат. % и больше. Остальные образцы готовились путем насыпания сплавов в фарфоровые трубочки по методу Н. И. Степанова (5).

Измерения электросопротивления при 25° и 100° производились при помощи двойного моста Томсона. Температурный коэффициент электросопротивления α вычислялся по формуле:

$$\alpha_{25-100} = \frac{\rho_{100} - \rho_{25}}{100\rho_{25} - 25\rho_{100}},$$

где ρ — удельное электросопротивление при соответствующих температурах.

Таблица 3

Содержание золота		$\rho_{25} \cdot 10^6$		$\rho_{100} \cdot 10^6$		$a_{25-100} \cdot 10^4$		$K_{25} \cdot 10^{-4}$		$K_{100} \cdot 10^{-4}$	
атомн. %	весов. %	отожж.	закал.	отожж.	закал.	отожж.	закал.	отожж.	закал.	отожж.	закал.
0	0	100.25	136.92	142.47	148.75	65.323	11.834	0.9975	0.73038	0.70190	0.67230
4.57	44.68	108.58	162.50	117.00	170.50	10.614	6.6736	0.92096	0.61540	0.85470	0.58653
11.18	31.13	57.864	183.27	68.221	187.64	25.379	3.2047	1.7282	0.54564	1.4658	0.53294
13.47	35.25	47.310	183.91	58.419	186.67	32.975	2.0065	2.1138	0.54375	1.7206	0.53570
22.10	50.46	36.046	155.05	45.613	157.02	38.823	1.7013	2.7742	0.64497	2.1923	0.63684
26.04	55.83	24.510	166.77	32.919	168.45	51.653	1.3477	4.0800	0.59963	3.0378	0.59664
29.48	60.01	29.200	140.01	37.466	141.44	41.677	1.3665	3.4248	0.71423	2.6696	0.70702
32.71	63.57	39.384	123.97	48.497	125.01	33.429	1.4217	2.5391	0.80664	2.0620	0.79996
37.72	68.50	44.942	138.09	53.231	140.72	26.202	2.5556	2.2251	0.72418	1.8786	0.71065
40.26	70.75	67.739	109.79	74.753	141.21	14.299	5.4408	1.4766	0.92474	1.3377	0.87560
48.51	77.48	37.228	40.391	48.277	51.277	43.917	39.482	2.8861	2.4758	2.0714	1.9502
48.68	77.30	37.254	38.402	48.556	49.260	45.001	41.630	2.6843	2.6041	2.0595	2.0300
51.53	79.24	68.990	75.502	77.820	82.394	17.825	12.544	1.4495	1.3245	1.2850	1.2137
53.80	80.70	82.680	76.454	91.168	83.228	14.173	12.173	1.2095	1.3080	1.0969	1.2015
59.12	83.85	64.447	93.254	70.899	98.278	14.213	7.3147	1.5589	1.0723	1.4104	1.0175
85.46	85.46	35.686	82.162	48.924	80.002	56.439	-3.4748	2.8022	1.2171	2.0440	1.2500
65.57	87.24	31.156	75.728	45.095	75.002	70.108	-1.2742	3.2096	1.3205	2.2175	1.3333
88.10	88.10	34.474	69.358	46.863	69.110	54.439	-0.47619	2.9007	1.4418	2.1339	1.4470
74.49	91.29	51.811	54.876	52.092	55.217	—	+0.83025	1.9294	1.8223	1.9197	1.8110
89.39	96.80	28.805	32.448	29.115	32.159	—	-1.1840	3.4716	3.0819	3.4346	3.1095
90.10	97.03	26.769	32.212	27.018	31.838	—	-1.5421	3.7356	3.1044	3.7013	3.4409
92.56	97.81	14.428	15.750	15.137	16.294	6.6612	4.6590	6.9307	6.3492	6.6062	6.1373
99.29	99.80	3.0172	3.6752	3.4699	4.4687	21.059	31.021	33.147	27.209	28.820	22.378
100	100	2.2961	—	2.986	—	44.5	43.492	—	—	33.492	—

¹ Данные для чистого золота — по П. Я. Сальдау, Изв. ИФХА, т. III, вып. I, 1926, стр. 211.

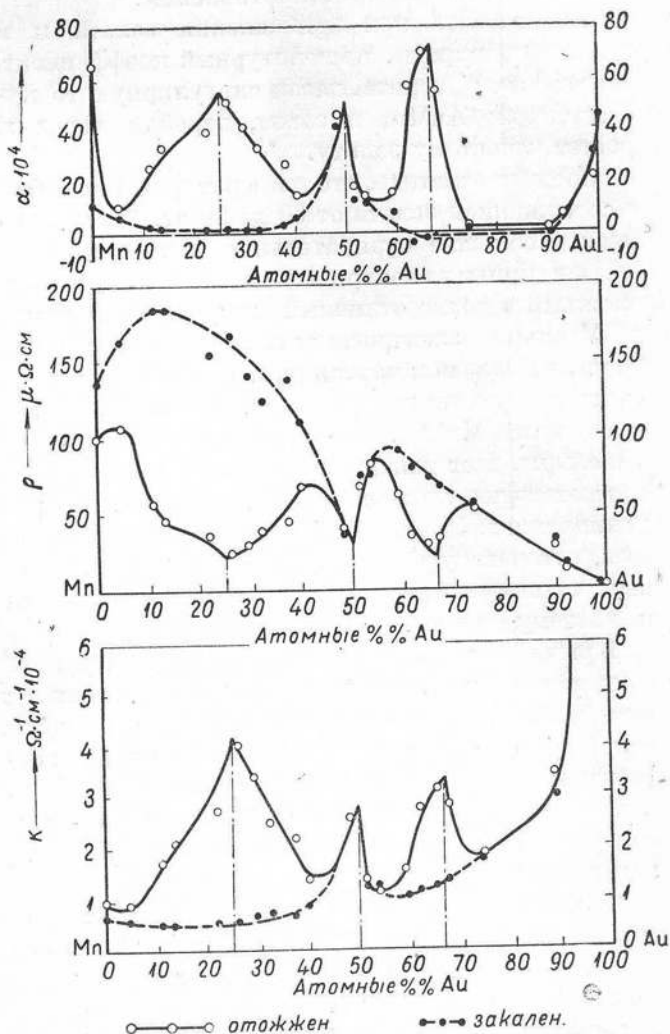
Термическая обработка образцов для определения электросопротивления производилась так же, как и образцов для определения твердости: отжиг при 600° в запаянных фарфоровых трубочках для предотвращения окисления в течение 7 суток, затем медленное охлаждение до 400° , выдержка при этой температуре в течение двух суток и затем охлаждение до комнатной температуры.

Для получения закаленных образцов палочки и проволоки выдерживались в электрической печи сопротивления при $800-850^\circ$ в течение часа и затем закаливались в холодной воде.

Результаты измерений, удельное электросопротивление ρ , температурный коэффициент α и удельная электропроводность K приведены в табл. 3 на стр. 136; на диаграмме (фиг. 3) приведены кривые для удельного электросопротивления при 25° — ρ_{25} , температурного коэффициента электросопротивления α_{25-100} и удельной электропроводности при 25° — K_{25} .

Удельное электросопротивление закаленных сплавов при прибавлении золота к марганцу растет, достигая около 15 ат. % Au плавного максимума, после чего понижается к 50 ат. % Au, давая при этом содержании золота сингулярную точку-минимум, соответствующую химическому соединению AuMn, затем вновь растет и после плавного максимума при 60 ат. % Au понижается к чистому золоту.

Удельная электропроводность, давая антибатную кривую по сравнению с кривой электросопротивления, также показывает наличие



Фиг. 3.

сингулярной точки, в данном случае точки-максимум, соответствующей химическому соединению $AuMn$.

В полном соответствии с кривыми электросопротивления и электропроводности закаленных сплавов находится и кривая температурного коэффициента электросопротивления.

Уменьшаясь при прибавлении золота к марганцу, проходя через плавный минимум, температурный коэффициент закаленных сплавов растет к 50 ат. % золота, давая сингулярную точку-максимум на химическом соединении $AuMn$, и затем, перейдя через плавный минимум, вновь растет к чистому золоту.

Следует отметить, что температурный коэффициент закаленных сплавов с содержанием золота от 60 до 90 ат. %, проходя через минимум, принимает небольшие отрицательные значения.

Вид кривых электрических свойств для отожженных сплавов — более сложный и резко отличный от кривых для закаленных сплавов.

Удельное электросопротивление, несколько увеличиваясь при прибавлении золота к марганцу, затем уменьшается, давая резкий минимум — сингулярную точку при 25 ат. % золота, соответствующую химическому соединению Mn_3Au . Затем электросопротивление, проходя через плавный максимум, дает новую сингулярную точку-минимум при 50 ат. % золота, соответствующую химическому соединению $AuMn$, после чего вновь увеличивается к 55 ат. % Au , давая затем новую сингулярную точку-минимум, отвечающую химическому соединению Au_2Mn . Далее следует плавный максимум при 75 ат. % Au и затем понижение электросопротивления к чистому золоту.

Кривые электропроводности и температурного коэффициента электросопротивления показывают те же сингулярные точки, соответствующие химическим соединениям Mn_3Au , $AuMn$ и Au_2Mn , что и кривая электросопротивления отожженных сплавов, с той лишь разницей, что на кривых электропроводности и температурного коэффициента химическим соединениям соответствуют сингулярные точки - максимум. Особенно резкие сингулярные точки отмечаются на кривой температурного коэффициента электросопротивления.

Сопоставление кривых электрических свойств с несомненностью подтверждает данные, полученные методами термического анализа и твердости. При высоких температурах мы имеем химическое соединение $AuMn$, образовавшееся из расплавленной массы и дающее с компонентами (золотом и марганцем) твердые растворы.

При понижении температуры соединение $AuMn$ сохраняется. Твердые растворы соединения $AuMn$ в марганце и в золоте при охлаждении разлагаются, образуя при температуре около 700° химическое соединение Au_3Mn в области 66.6 ат. % Au и около 650° — химическое соединение $AuMn_3$ в области 25 ат. % Au . Из формы кривых электросопротивления, электропроводности и твердости следует, что эти соединения в свою очередь образуют твердые растворы — соединение Mn_3Au с марганцем и с соединением $MnAu$, соединение Au_2Mn с соединением $AuMn$ и с золотом.

ТАБЛИЦА I



Фото 1. 45,48%, отожж.



Фото 2. 50,71%, литой



Фото 3. 63,58%, отожж.

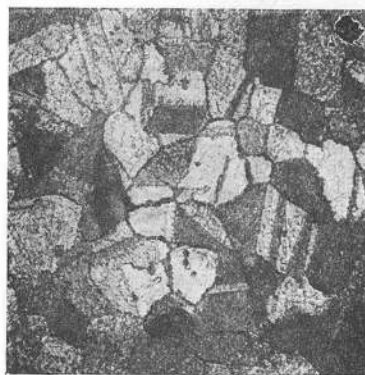


Фото 4. 63,58%, закален.



Фото 5. 64,77%, отожж.



Фото 6. 64,77%, закален.

Атомные проценты Au. Увеличение 75.

ТАБЛИЦА II



Фото 7. 69.25%, отожж.



Фото 8. 69.25%, закаленн.

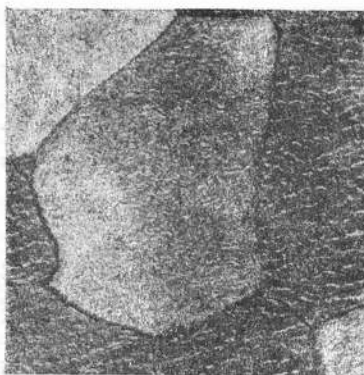


Фото 9. 80.61%, отожж.



Фото 10. 80.61%, закаленн.

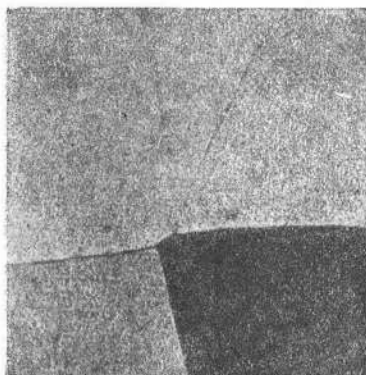


Фото 11. 92.56%, отожж



Фото 12. 92.56%, закаленн.

Атомные проценты Au. Увеличение 75.

МИКРОСТРУКТУРА

После надлежащей шлифовки и полирования сплавы подвергались травлению царской водкой, разбавленной в отношении 1:3, после чего изучалась их микроструктура. Чрезвычайно большая хрупкость сплавов, богатых марганцем, в результате чего получилось крошение поверхности при шлифовании, а также легкая окисляемость марганца, не давали возможности получить хорошие образцы шлифов. В общем, структура их представляет более или менее ясно выраженные твердые растворы.

Сплавы химического соединения AuMn состоят из кристаллов одной фазы. Наиболее интересной и характерной является область химического соединения Au_2Mn . Закаленные сплавы этой области имеют структуру, характерную для твердых растворов; отожженные обладают характерной игольчатой структурой, являющейся результатом распада твердого раствора и образования химического соединения. Сплавы, близкие к золоту с небольшим содержанием марганца, имеют характерную для твердых растворов структуру.

На фото 1 (табл. I), относящейся к сплаву с 45.48 ат. % золота, видны полиэдры со следами штриховатости. Повидимому, эта штриховатость вызывается образованием химического соединения Mn_3Au из твердого раствора. Сплав с 50.71 ат. % золота состоит из однородных крупных полигональных кристаллов (фото 2, табл. I).

Как следует из формы кривых твердости, электросопротивления, и др., на которых при 50 ат. % золота имеются сингулярные точки, эти кристаллы принадлежат химическому соединению AuMn . При переходе к сплавам, более богатым золотом, к сплавам химического соединения Au_2Mn , мы имеем резкую разницу между отожженными и закаленными сплавами. Отожженный сплав с 63.58 ат. % золота (фото 3, табл. I), представляет конгломерат игольчатых двойниковых кристаллов, характерных для образовавшегося из твердого раствора химического соединения (6), тот же сплав, закаленный при температуре выше линии выделения химического соединения Au_2Mn (фото 4), состоит из полигональных кристаллов твердого раствора. Та же игольчатая штриховатость, вызванная влиянием образующегося химического соединения Au_2Mn , наблюдается и у отожженных сплавов с содержанием золота 64.77 ат. % и 69.25 ат. % (фото 5, табл. I и фото 7, табл. II). Закаленные сплавы того же состава состоят из полигональных зерен твердого раствора (фото 6, табл. I и фото 8, табл. II). При содержании золота 80.61 атомн. % и более как отожженные, так и закаленные сплавы состоят из однородных зерен твердого раствора (фото 9, 10, 11, 12, табл. II); на этих сплавах влияние образования химического соединения AuMn уже не сказывается.

Сопоставляя результаты всех примененных методов исследования, следует признать, что при застывании из расплавленного состояния система золото-марганец образует одно химическое соединение AuMn , образующее в свою очередь непрерывные твердые растворы с компонентами — золотом и марганцем. При охлаждении происходит распад твердых растворов, причем в области, богатой марганцем, происходит при температуре около 630° выделение химического соединения Mn_3Au , а в области,

богатой золотом, при температуре около 690° — выделение химического соединения Au_2Mn .

Полученная нами термическая диаграмма наиболее близка к диаграмме, полученной Nahn и Куроролос (7), которые, однако, не установили наличия превращений в твердом состоянии. Образование эвтектики в марганцевой стороне диаграммы, которое наблюдали Pargavano (8), а также Н. Moser (9), предположивший, кроме того, эвтектоидное распадение близкого к марганцу твердого раствора, нашими исследованиями не подтвердилось. Различие данных, полученных разными авторами в области сплавов, богатых марганцем, объясняется, повидимому, экспериментальными трудностями, вызываемыми легкой окисляемостью марганца, а также в значительной степени примесями, содержащимися в марганце, полученном по способу Гольдшмидта.

Результаты, полученные Н. Bumm и U. Dehlinger (10) также отличаются от полученных нами. Распадение в твердом состоянии, установленное исследователями для 25—29 ат. % Mn, относится, повидимому, к соединению Au_2Mn (33.3 ат. % Mn), установленному нами и образующемуся из твердого раствора при температуре около 690° . Образование новой фазы в сплавах с 50 ат. % Mn при температуре около 700° нами не наблюдалось. Кривые охлаждения у таких сплавов не дали никаких указаний на превращение в твердом состоянии. Кривые электрических свойств закаленных и отожженных сплавов дают совершенно совпадающие величины, причем кривые этих свойств имеют при 50 ат. % Mn сингулярные точки, указывающие на наличие химического соединения и при высоких температурах. Кроме того, при приготовлении сплавов с 50 ат. % Mn при расплавлении происходило настолько значительное внезапное выделение тепла, что сплав иногда выбрасывался из тигля.

Установленное нашим исследованием наличие химического соединения $AuMn$, выделяющегося из жидкого состояния и образующего твердые растворы с компонентами, увеличивает ограниченное число известных аналогичных примеров ($MgCd$ и др.).

Установленные химические соединения Mn_3Au и Au_2Mn являются новыми примерами распада твердых растворов с образованием химических соединений. Таких примеров в настоящее время имеется уже довольно значительное количество: Cu_3Au и $CuAu$ (11), $PtFe$ (12), Cu_3Pt и $CuPt$ (13), $PtCr_2$ и $PtCr$ (14) и др.

Поступило в редакцию 15 июня 1935 г.

Платиновый сектор Инст.
общей и неорганич. химии
Академии Наук СССР
Ленинград — Москва

ЛИТЕРАТУРА.

1. Gazz. Chim. Ital., 45, I, 293 (1915).
2. Ztschr. anorg. u. allgem. Chem., 95, 405 (1916).
3. Ztschr. anorg. Chem., B. 210, Heft I, S. 67 (1933).
4. Metallwirtschaft B. 13, No. 2, S. 23—25 (1934).
5. Степанов Н. И. Об электропроводности металлических сплавов, СПб., 1911.

6. См. Изв. Платинов. инст., в. 7, 1929, стр. 1; Ztschr. anorg. Chem., В. 204, S. 49 (1932); Изв. Платинов. инст., в. 8, стр. 17 (1931); Ztschr. anorg. Chem., В. 210, S. 1 (1933), Изв. Платинов. инст., в. 11, стр. 125 (1933). Ztschr. anorg. Chem., В. 218, Н. I, S. 33 (1934).
7. Ztschr. anorg. Chem., **95**, 105 (1916).
8. Gazzeta Chim Ital., **45**, 1, 293 (1915).
9. Ztschr. anorg. Chem., **210**, Н, 1, 67 (1933).
10. Metallwirtschaft, В. 13, № 2, S. 23/25, 1934.
11. Курнаков Н., Жемчужный С. и Заседателев М., Изв. СПб. политехн. инст., 22 (1914); Journ. Inst. Metals, **15**, 305 (1916).
12. Немилов В. А. Изв. Платин. инст. АН, вып. 7, 1929, стр. 1; Ztschr. anorg. u. allgem. Chem., **204**, 49 (1932).
13. Курнаков Н. С. и Немилов В. А. Изв. Платинов. инст., вып. 8, стр. 5, (1931). Ztschr. anorg. Chem., **210**, 1 (1933).
14. Немилов В. А., Изв. Платин. инст., II, 1933, стр. 125, Ztschr. anorg. u. allgem. Chem., **218**, Н. I (1933).