

В. А. НЕМИЛОВ и А. А. РУДНИЦКИЙ

О СПЛАВАХ ПЛАТИНЫ С БЕРИЛЛИЕМ

Литературных данных о сплавах платины с бериллием почти нет. Есть только краткие указания К. Фрелиха [1] на чрезвычайно сильное влияние небольших добавок бериллия на твердость платины.

Настоящее исследование имело целью изучение сплавов платины с небольшими добавками бериллия (до 0.58 вес. %). Приготовление сплавов (весом около 15 г) производилось в высокочастотной печи, в корундизовых тиглях. Исходные материалы — губчатая платина, с содержанием примесей не больше 0.01%, и бериллий, с содержанием бериллия 99.5%. Вследствие исключительно быстрого выгорания бериллия, содержание которого в сплаве резко снижается даже при переплавке готового сплава, производилось сначала расплавление платины, в которую, избегая перегрева, добавлялись кусочки бериллия. Сильный угар бериллия наблюдался и при этом способе приготовления сплавов.

Все сплавы химически анализировались, для чего был выработан следующий метод: навеска сплава в 0.5—1.0 г растворяется в царской водке, раствор выпаривается и после разбавления водой отфильтровывается кремнезем, присутствие которого объясняется восстановлением небольшого количества кремния из стенок корундизового тигля при плавке. В фильтрате платина осаждается муравьиной кислотой при кипячении. Отфильтрованный от платины раствор выпаривается с азотной кислотой, для разрушения муравьиной кислоты, после чего бериллий осаждается в виде $\text{Be}(\text{OH})_2$ аммиаком, прокаливается и взвешивается в виде BeO . После отжига в течение шести суток при 1200° , как показалось изучение микроструктуры, сплавы пришли в равновесное состояние.

На отожженных сплавах было произведено изучение твердости по Бринеллю, при нагрузке 250 кг и при диаметре шарика, равном 10 мм.

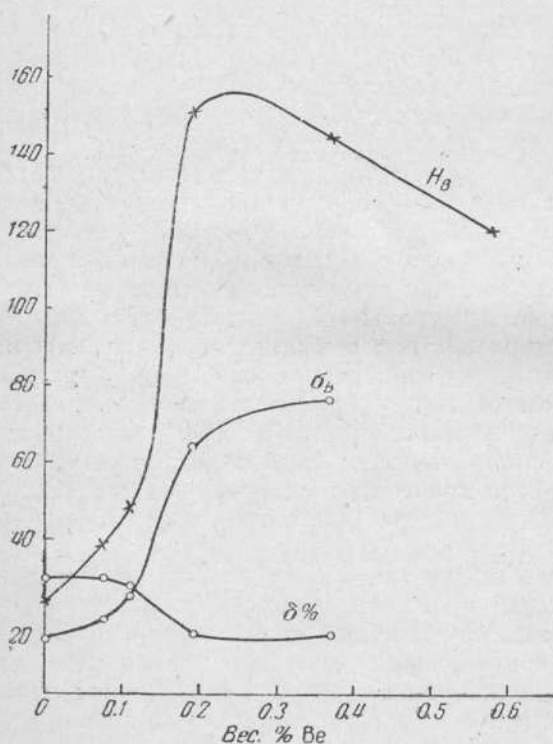
Из сплавов, путем прокатки и протяжки, были приготовлены проволоки, на которых были определены: временное сопротивление разрыву, электросопротивление и термоэлектродвижущая сила в паре с платиной. Для измерения временного сопротивления разрыву и относительного удлинения служили образцы с диаметром 1 мм и расчетной длиной 50 мм. Разрыв образцов производился на приборе Шопера. Для измерения электросопротивления при 25° и 100° и термоэлектродвижущей силы в паре с платиной (при температуре холодного спая 0°) служил потенциометр.

В табл. 1 и на диаграммах фиг. 1 и 2 приведены полученные результаты. Состав сплавов на диаграммах нанесен в весовых процентах; вследствие большой разницы в атомных весах платины и бериллия, малые величины содержания бериллия в весовых процентах соответствуют значительному его содержанию в атомных. Так, 0.58 вес. % бериллия со-

Таблица 1

Свойства сплавов платины с бериллием

Содержание бериллия		Твердость по Бринеллю, кг на кв. мм	Временное сопротивление разрыву, кг на кв. мм	Удлинение, в %	Удельное электро-сопротивление (в микро-омах) при температуре		Температурный коэффициент электро-сопротивления $\alpha \cdot 10^4$	Термоэлектродвижущая сила (в мУ) в паре с платиной, при температуре горячего спаивания						
вес %	атомн. %				25°	100°		200°	400°	600°	800°	1000°	1200°	
0	0	24	14.55	30	10.882	13.797	39.2	—	—	—	—	—	—	—
0.075	1.60	38.2	19.29	30	12.253	14.980	32.1	0.30	0.51	0.72	1.08	1.39	1.65	
0.11	2.33	48.5	25.55	28	13.580	16.523	29.3	0.37	0.73	0.99	1.45	1.81	2.12	
0.19	3.87	151.5	64.36	15	19.942	22.690	19.3	0.57	1.13	1.62	2.30	2.94	3.44	
0.37	7.44	144.8	76.65	16	25.292	27.877	13.9	0.79	1.52	2.19	3.16	4.06	5.04	
0.58	11.21	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



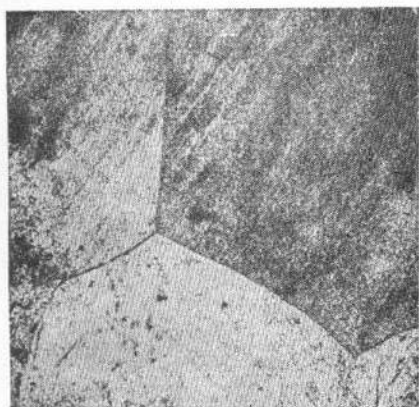
Фиг. 1. Твердость по Бринеллю H_B , временное сопротивление разрыву σ_B и удлинение δ %.

изменения (до 0.11 вес. %), снижаясь затем до 15—16%. Сравнивая механические свойства платинобериллиевых сплавов со свойствами платино-иридиевых, следует отметить, что твердость сплава платины с 10% иридия

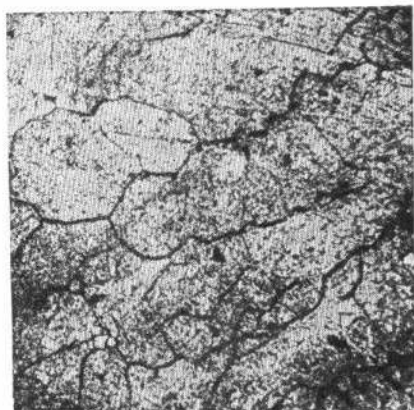
ответствуют 11.21 ат. %.

По мере прибавления бериллия к платине твердость быстро возрастает. При содержании бериллия около 0.25 вес. % (5.12 атомн. %) она достигает величины порядка 155 кг на кв. мм, после чего начинает понижаться, изменяясь по прямой линии. Сопротивление разрыву также резко возрастает под влиянием малых добавок бериллия. Приготовление проволоки из сплава с содержанием 0.58 вес. % (11.21 ат. %) бериллия осуществить не удалось вследствие появления трещин на образце при прокатке, из-за чего дальнейшее изменение сопротивления разрыву с увеличением содержания бериллия осталось невыясненным.

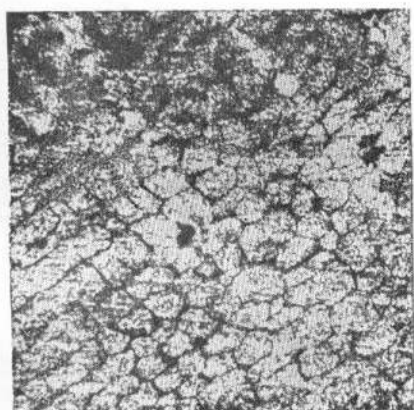
Относительное удлинение, с увеличением содержания бериллия, сначала остается почти без



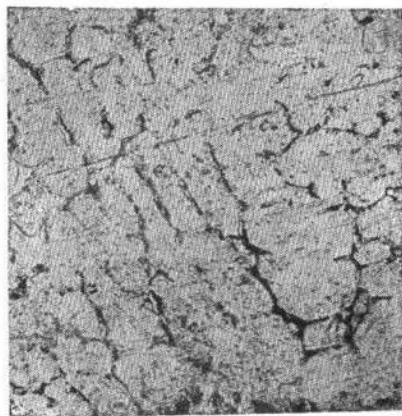
Фиг. 3. 0.11 вес. % Ве. Отожж.
Увел. 200.



Фиг. 4. 0.19 вес. % Ве. Отожж.
Увел. 100.



Фиг. 5. 0.37 вес. % Ве. Отожж.
Увел. 100



Фиг. 6. 0.58 вес. % Ве. Отожж.
Увел. 200

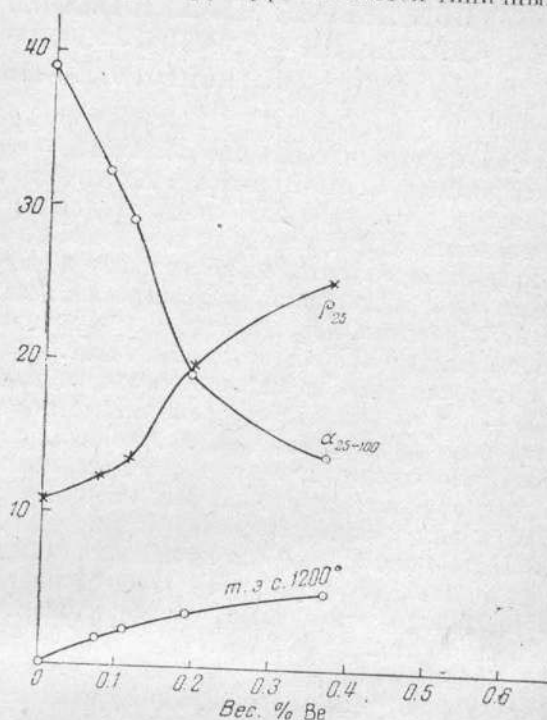
1870
1871
1872

(95 единиц по Бринеллю) и его сопротивление разрыву (32 кг на кв. мм) достигаются уже при 0.15 вес. % бериллия. При этом удлинение составляет значительную величину, свыше 20%.

Кривые изменения электросопротивления, его температурного коэффициента и термоэлектродвижущей силы при температуре горячего спаивания 1200° представлены на фиг. 2. Добавка бериллия к платине на электро-сопротивлении сказывается значительно менее резко, чем на механических свойствах, термоэлектродвижущая сила сплавов в паре с платиной весьма незначительна.

Микроструктура изученных сплавов представлена на фиг. 3—6. Сплавы с содержанием 0.11 и 0.19 вес. % по микроструктуре являются типичными твердыми растворами (фиг. 3 и 4). Полиэдрическая структура сплава с 0.37 вес. % также не дает оснований для утверждения наличия второй фазы (фиг. 5), но в сплаве с 0.58 вес. % (фиг. 6) явно различаются нитевидные включения второй фазы.

Сопоставляя результаты всех примененных методов исследования, следует прийти к заключению о наличии в системе платина — бериллий, со стороны платины, твердого раствора ограниченной концентрации. Граница этого твердого раствора лежит в области около 0.25 вес. %, так как при этом содержании бериллия происходит изменение направления кривых твердости и сопротивления разрыву. При большем содержании бериллия находится область механической смеси твердого раствора бериллия в платине и новой фазы, явно различимой на микроструктуре сплава с 0.58 вес. % бериллия. Количество этой второй фазы в сплаве с 0.37 вес. % бериллия, по видимому, столь незначительно, что по микроструктуре не обнаруживается. Метод твердости, среди существующих методов исследования, отличающийся наибольшей чувствительностью, изгибом кривой, переходящей в области 0.25 вес. % бериллия в прямую, определенно указывает границу перехода твердого раствора в механическую смесь.



Фиг. 2. Удельное электросопротивление при 25° (ρ_{25} , в микроомах), температурный коэффициент электросопротивления $\alpha_{25-100} \times 10^4$, термоэлектродвижущая сила в паре с платиной при температуре горячего спаивания 1200°, в милливольтмах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fröhlich K. Metallwirtschaft, 20, № 5, 113 (1941).