

В. А. НЕМИЛОВ, Т. А. ВИДУСОВА, А. А. РУДНИЦКИЙ и М. М. ПУЦЫКИНА

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗОЛОТО — ПАЛЛАДИЙ — ПЛАТИНА

Диаграмма состояний тройной системы, образованной золотом, палладием и платиной, до сих пор не была предметом систематического исследования, несмотря на то, что сплавы этой системы находят широкое применение. Бинарные системы, образующие тройную, исследованы довольно подробно.

### Система золото — платина.

Деринкелем (1) в 1907 г. было установлено образование в системе золото — платина непрерывного ряда твердых растворов. Григорьев (2) в 1928 г. дал другой тип этой диаграммы, установив перитектическое превращение при  $1290^\circ$ . Иогансон и Линде (3), исследовавшие ту же систему методами электросопротивления, рентгеновским и твердости, установили, что перитектический характер диаграммы не имеет места и что сплавы золота с платиной, застывая, образуют непрерывный ряд твердых растворов, распадающийся при охлаждении на механическую смесь твердых растворов. Иогансон и Линде установили среднюю часть кривой распадения твердых растворов по данным электросопротивления, а не по данным рентгеновского анализа; авторы указывают на то, что у сплава с 55 ат. % платины в закаленном состоянии рентгеновским методом не удалось установить резких линий; таким образом, на основании рентгеновского анализа нельзя с достоверностью утверждать, является ли этот сплав после закалки при  $1000$ — $1225^\circ$  однофазным или двухфазным. Повидимому, и у сплавов с содержанием платины 40—65 ат. % не получилось четких рентгенограмм, которые дали бы возможность авторам построить кривую распадения твердого раствора по данным рентгеновского анализа. Кривые электросопротивления закаленных при разных температурах сплавов, приводимые Иогансон и Линде, по нашему мнению, также не являются доказательством того, что при  $1150^\circ$  все сплавы системы представляют твердые растворы; с таким же успехом кривые электросопротивления, приводимые авторами до  $1150^\circ$ , могут указывать на сужение гетерогенной области при повышении температуры, что и подтвердились нашими данными.

Викторин (4) исследовал явление распада твердого раствора в системе золото — платина методом изменения электросопротивления во времени выдержки при различных температурах и установил на диаграмме этим методом метастабильную область распада. Свои выводы автор основал на предположении, что степень изменения электросопротивления пропорциональна степени распада твердого раствора. Это положение, как показал Агеев (5), весьма спорно. Следует отметить, что Викторин, полагая в основу своих исследований диаграмму системы золото — платина, данную Иогансон и Линде, отмечает, что у него не получалось воспроизведенных данных для сплавов области 50—70 ат. % платины, и предполагает, что

распад твердых растворов у этих сплавов происходит так быстро, что сохранить однофазное состояние путем закалки не удается. Как показали наши исследования этой системы, однофазных твердых растворов у этих сплавов не существует, и потому автор и не мог их получить.

Штенцель и Веертс (6), основываясь на данных Иогансон и Линде, произвели новое определение границы гетерогенной области в системе золото — платина методом рентгеновского анализа. Авторы утверждают, что у сплавов с 40, 50 и 65 ат. % платины, закаленных соответственно при 1160, 1190 и 1275°, ими установлено рентгеновским методом наличие одной фазы. Эти данные находятся в противоречии с данными Иогансон и Линде, которые для сплавов этой области не могли получить четких рентгенограмм, а также с данными Викторин, который пришел к выводу, что сплавы средней области диаграммы обладают столь большой скоростью распада, что сохранить однофазное состояние путем закалки не удается.

Следует отметить, что Иогансон и Линде, Викторин и Штенцель и Веертс не применяли при исследовании методов микроструктуры и термического анализа.

### Система золото — палладий

Диаграмма состояний этой системы была исследована Деринкель (1) в 1907 г. методом термического анализа; при этом было установлено наличие в системе непрерывного ряда твердых растворов. Гейбель (7), исследовавший систему методами электропроводности, температурного коэффициента электросопротивления и временного сопротивления разрыву, подтвердили вывод, сделанный Деринкелем. Рентгеновское исследование системы золото — палладий было произведено Хольгерсон и Зедштрем (8) и Штенцель и Веертс (6); оба исследования также подтвердили наличие в системе непрерывного ряда твердых растворов.

### Система палладий — платина

Вследствие высокой температуры плавления обоих компонентов диаграмма состояний до сего времени термическим методом не исследована. Формы кривых электропроводности и температурного коэффициента электросопротивления, исследованных Гейбелем (9), а также теплопроводности, исследованной Шульце (10), указывают на наличие в системе непрерывного ряда твердых растворов. Исследование сплавов рентгенографическим методом, произведенное ван Лимптом (11), привело к тем же результатам. На основании изменений твердости по Бринелю Тамман и Роха (12) высказали предположение о возможности превращений в областях 10 — 40 и 60 — 90 ат. % палладия в интервале температур 1400 — 700°. Это предположение нашим исследованием не подтвердилось.

Настоящее исследование произведено методами термического анализа, микроструктуры, твердости по Бринелю, временного сопротивления разрыву, удлинения, электросопротивления, его температурного коэффициента и термоэлектродвижущей силы. Всего было исследовано 68 сплавов, в том числе все бинарные сплавы через 10%, тройные сплавы через 10% каждого компонента и несколько дополнительных. По возможности применялись все методы исследования, однако высокая температура плавления сплавов платинового угла и платино-палладиевой стороны препятствовала изучению этих сплавов термическим методом. Точно так же методы временного сопротивления разрыву, удлинения, электросопротивления и термоэлектродвижущей силы могли быть применены только к

сплавам, хорошо механически обрабатываемым, из которых путем прокатки и протяжки удалось приготовить проволоки. Несмотря на то, что бинарные системы, образующие тройную, были исследованы другими авторами, пришлось эти исследования повторить как вследствие существующих разногласий, так и потому, что не все свойства, нами изучавшиеся, были изучены ранее.

В качестве исходных материалов для приготовления сплавов применялось чистое золото, платина и палладий с содержанием примесей не больше 0.01—0.02%. Приготовление сплавов производилось в высокочастотной печи, в корундизовых тиглях. При термическом анализе, расплавление сплавов производилось в криптолитовой печи. Химическому анализу большинство сплавов не подвергалось, так как поверочными анализами было установлено, что изменение содержания отдельных металлов в сплаве, при плавке, составляет не больше 0.01—0.02%, что, конечно, никакого влияния на изменение характера диаграммы состояний не оказывает.

Термический анализ осуществлялся при помощи платина-платинородиевой термопары и пиromетра Курнакова. Твердость по Бринелю изменилась при нагрузке в 250 кг и диаметре шарика 10 мм. Все сплавы, имевшие двухфазную структуру, исследовались в отожженном и закаленном состояниях, причем температура перехода в однофазное состояние устанавливалась изучением микроструктуры закаленных при разных температурах сплавов; твердость большинства однофазных сплавов исследовалась только в отожженном состоянии, причем температура отжига выбиралась в пределах 900—1100°, в зависимости от температуры плавления.

Отжиг производился в электрической печи сопротивления в течение 8—12 суток с последующим медленным охлаждением. Перед закалкой сплавы выдерживались при соответствующей температуре в течение 1 часа. Закалка сплавов производилась в холодную воду. Временное сопротивление разрыву и удлинение определялись на проволоках диаметром 1 мм, при расстоянии между зажимами 100 мм. Перед испытанием все проволоки подвергались отжигу. Электросопротивление измерялось при помощи моста Томсона на проволоках диаметром 0.5 мм, при 25 и 100°. Перед измерением все проволоки были отожжены. Образцы сплавов, обладающих превращением в твердом состоянии, были исследованы также и после закалки. Из сплавов, трудно механически обрабатываемых, путем насасывания в трубочки приготавливались образцы для определения температурного коэффициента электросопротивления. Эти образцы подвергались той же термической обработке, что и проволоки. Изучение термоэлектродвижущей силы в паре с платиной производилось при помощи потенциометра на проволоках диаметром 0.5 мм, при температурах горячего спая от 100 до 1200—1400°, в зависимости от состава сплавов, через каждые 100°. Холодный спай помещался в тающий лед. Данные термического анализа приведены в табл. 1. Результаты исследования механических свойств, твердости по Бринелю в отожженном и закаленном состояниях, временного сопротивления разрыву и удлинения приведены в табл. 2, величины удельного электросопротивления, его температурного коэффициента и термоэлектродвижущей силы при различных температурах горячего спая — в табл. 3.

Полученные при исследовании результаты приведены также на диаграммах, на которых представлены отдельные свойства бинарных систем и разрезов тройной диаграммы, параллельных каждой из бинарных систем.

На фиг. 1—43 представлены свойства бинарной системы золото—платина и разрезов, ей параллельных. Результаты термического анализа бинарной системы золото—платина и разрезов тройной системы с постоянным содержанием 10 и 20% палладия приведены на фиг. 1—3. Термическим

Таблица 1

Атомные %			Весовые %			Температуры превращений, °С			
Au	Pt	Pd	Au	Pt	Pd	начало затвердевания	перитектические превращ.	конец затвердевания	превращения в твердом состоянии
90	10	—	90.09	9.91	—	1249	—	1116	—
80	20	—	80.16	19.84	—	1324	1281	1101	—
70	30	—	70.21	29.79	—	1352	1307	1176	—
60	40	—	60.24	39.76	—	1482	1271	—	—
50	50	—	50.26	49.74	—	1506	—	—	—
90	—	10	94.33	—	5.67	1200	—	—	—
80	10	10	83.93	10.39	5.68	1310	—	—	—
70	20	10	73.52	20.79	5.69	1389	1337	1217	—
60	30	10	63.09	31.22	5.69	1478	1298	—	1123
50	40	10	52.63	41.68	5.69	1458	1367	—	1246
40	50	10	42.15	52.15	5.70	1534	—	—	—
80	—	20	88.08	—	11.92	1293	—	—	—
70	10	20	77.16	10.91	11.93	1398	—	—	—
60	20	20	66.21	21.85	11.94	1389	—	—	—
50	30	20	55.21	32.84	11.95	1508	—	—	—
40	40	20	44.24	43.79	11.97	1560	—	1381	1053
70	—	30	81.20	—	18.80	1359	—	—	—
60	10	30	69.66	11.49	18.85	1470	—	—	—
50	20	30	58.12	23.01	18.87	1440	—	—	—
40	30	30	46.55	34.56	18.89	1571	—	—	—
30	40	30	34.95	46.13	18.92	1599	—	—	—
60	—	40	73.50	—	26.50	1405	—	—	—
50	10	40	61.31	12.15	26.54	1478	—	—	—
40	20	40	49.11	24.31	26.58	1502	—	—	—
50	—	50	64.89	—	35.11	1443	—	—	—
40	10	50	51.98	12.86	35.16	1494	—	—	—
30	20	50	39.04	25.76	35.20	1553	—	—	—
40	—	60	55.20	—	44.80	1469	—	1447	—
30	10	60	41.46	13.68	44.86	1546	—	—	—
30	—	70	44.20	—	55.80	1486	—	1462	—
20	10	70	29.51	14.61	55.88	1560	—	—	—
20	—	80	31.60	—	68.40	1515	—	1492	—
15	—	85	24.59	—	75.41	1531	—	1516	—
10	—	90	17.04	—	82.96	1539	—	1529	—
5	—	95	8.87	—	91.13	1551	—	1534	—

Таблица 2



Атомные %			Весовые %			Уд. электросопротивление в микроомах				Температ. коэффиц. электросопротивл. $\alpha_{25-100} \cdot 10^4$		Термо					
Au	Pt	Pd	Au	Pt	Pd	при 25°		при 100°		Отожжен.	Закален.	Отожжен.	Закален.	Отожжен.	Закален.	100°	200°
						Отожжен.	Закален.	Отожжен.	Закален.							100°	200°
100	—	—	100	—	—	2.4238	—	3.0374	—	36.8	—	+0.77	+1.87				
90	10	—	90.09	9.91	—	13.437	—	14.144	—	7.17	—	+0.36	+0.82				
80	20	—	80.16	19.84	—	23.796	—	24.949	—	6.57	—	+0.78	+1.37				
70	30	—	70.21	29.79	—	31.585	38.244	32.621	39.369	4.42	2.99	—	—				
60	40	—	60.24	39.76	—	—	—	—	—	6.32	2.62	—	—				
50	50	—	50.26	49.74	—	—	—	—	—	8.58	3.87	—	—				
40	60	—	40.24	59.76	—	—	—	—	—	11.12	5.19	—	—				
30	70	—	30.21	69.79	—	—	—	—	—	12.96	7.97	—	—				
20	80	—	20.16	79.84	—	—	—	—	—	16.03	9.43	—	—				
5	90	5	5.15	92.07	2.78	—	—	—	—	18.46	30.23	—	—				
90	—	10	94.33	—	5.67	6.1260	—	6.7073	—	13.1	—	+0.13	+0.46				
80	10	10	83.93	10.39	5.68	16.729	—	17.357	—	5.07	—	-0.64	-1.44				
70	20	10	73.52	20.79	5.69	26.530	27.965	27.231	28.569	3.55	2.90	—	—				
60	30	10	63.09	31.22	5.69	—	—	—	—	1.95	2.73	—	—				
50	40	10	52.63	41.68	5.69	—	—	—	—	—	3.08	—	—				
40	50	10	42.15	52.15	5.70	—	—	—	—	8.86	4.30	—	—				
30	60	10	31.64	62.65	5.71	—	—	—	—	10.56	8.15	—	—				
20	70	10	21.12	73.16	5.72	—	—	—	—	12.46	9.06	—	—				
10	80	10	10.57	83.71	5.72	—	—	—	—	15.42	9.38	—	—				
—	90	10	—	44.27	5.73	17.19	—	19.95	—	22.62	—	+0.14	+0.36				
80	—	20	88.08	—	11.92	9.5818	—	10.210	—	8.94	—	-0.11	-0.15				
70	10	20	77.16	10.91	11.93	20.766	—	21.441	—	4.38	—	-1.08	-2.62				
60	20	20	66.21	21.85	11.94	27.411	—	28.274	—	4.25	—	-1.35	-3.48				
50	30	20	55.21	32.84	11.95	—	—	—	—	5.70	3.26	—	—				
40	40	20	44.24	43.79	11.97	—	—	—	—	6.26	3.59	—	—				
30	50	20	33.22	54.80	11.98	—	—	—	—	7.60	4.20	—	—				
20	60	20	22.18	65.83	11.99	—	—	—	—	9.10	5.46	—	—				
10	70	20	11.10	76.89	12.01	33.04	—	35.05	—	8.28	—	-0.09	-0.16				
—	80	20	—	87.98	12.02	20.82	—	23.33	—	16.75	—	+0.25	+0.64				
70	—	30	81.20	—	18.80	12.912	—	13.556	—	6.77	—	-0.43	-0.92				
60	10	30	69.66	11.49	18.85	27.803	—	28.431	—	3.04	—	-1.91	-4.61				
50	20	30	58.12	23.01	18.87	30.316	—	31.259	—	4.19	—	-1.57	-4.05				
40	30	30	46.55	34.56	18.89	31.526	—	32.626	—	4.70	—	-1.29	-3.31				
30	40	30	34.95	46.13	18.92	—	—	—	—	6.18	4.26	—	—				

### Таблица 3

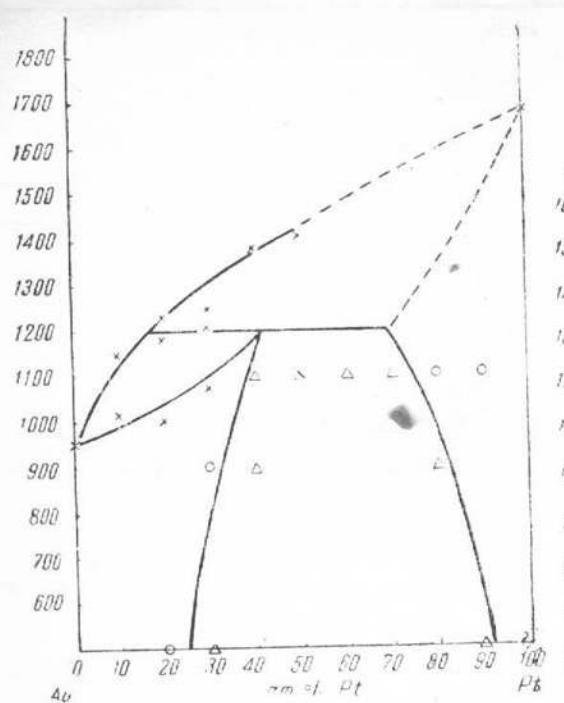
электродвижущая сила в паре с платиной в pH при температурах горячего спая

Атомные %			Весовые %			Уд. электросопротивление в микроомах				Температ. коэффиц. электросопротивл. $\alpha_{25-100} \cdot 10^4$	Термо		
Au	Pt	Pd	Au	Pt	Pd	Отожжен.	Закален.	Отожжен.	Закален.	Отожжен.	Закален.	100°	200°
20	50	30	23.33	57.73	18.94	44.07	—	45.40	—	4.06	—	—	-0.83
10	60	30	11.68	69.36	18.96	35.22	—	37.11	—	7.29	—	+0.04	+0.02
—	70	30	—	81.02	18.98	25.04	—	27.38	—	12.86	—	+0.38	+0.91
60	—	40	73.50	—	26.50	16.729	—	17.562	—	6.22	—	-1.47	-3.18
50	10	40	61.31	12.15	26.54	35.186	—	35.814	—	2.40	—	-2.19	-5.28
40	20	40	49.11	24.31	26.58	37.228	—	38.171	—	3.40	—	-1.45	-3.76
30	30	40	36.88	36.51	26.61	44.43	—	46.85	—	7.39	—	—	-1.87
20	40	40	24.62	48.74	26.64	42.66	—	44.27	—	5.10	—	-0.41	-0.86
10	50	40	12.32	61.00	26.68	36.32	—	38.34	—	7.18	—	+0.00	+0.08
—	60	40	—	73.29	26.71	27.81	—	30.01	—	10.83	—	+0.44	+1.08
50	—	50	64.89	—	35.11	24.662	—	25.322	—	3.60	—	-3.46	-7.48
40	10	50	51.98	12.86	35.16	38.484	—	39.270	—	2.74	—	-1.74	-4.29
30	20	50	39.04	25.76	35.20	40.84	—	42.144	—	1.19	—	-0.94	-2.45
20	30	50	26.06	38.69	35.25	37.95	—	39.70	—	6.15	—	-0.24	-0.49
10	40	50	13.05	51.65	35.30	35.95	—	37.75	—	6.79	—	+0.04	+0.17
—	50	50	—	64.66	35.34	25.73	—	28.33	—	13.94	—	+0.52	+1.22
40	—	60	55.20	—	44.80	28.903	—	29.845	—	4.40	—	-2.78	-6.02
30	10	60	41.46	13.68	44.86	36.521	—	38.014	—	5.52	—	-1.15	-2.85
20	20	60	27.68	27.39	44.93	29.68	—	31.03	—	8.28	—	-0.44	-0.93
10	30	60	13.86	41.15	44.99	34.41	—	36.20	—	7.06	—	+0.05	+0.22
—	40	60	—	54.95	45.05	28.82	—	30.92	—	10.04	—	+0.69	+1.56
30	—	70	44.20	—	55.80	27.332	—	28.981	—	8.21	—	-2.03	-4.53
20	10	70	29.51	14.61	55.88	32.122	—	33.929	—	7.64	—	-0.78	-1.78
10	20	70	14.78	29.25	55.97	31.38	—	33.34	—	8.51	—	+0.01	+0.09
—	30	70	—	43.95	56.05	27.60	—	29.68	—	10.31	—	+0.79	+1.75
20	—	80	31.60	—	68.40	23.797	—	25.918	—	12.10	—	-1.61	-3.44
10	10	80	15.83	15.66	68.51	39.71	—	42.27	—	8.79	—	-0.34	-0.72
—	20	80	—	31.38	68.62	21.55	—	26.82	—	12.72	—	+0.84	+1.80
15	—	85	24.59	—	75.41	19.839	—	21.991	—	16.1	—	-1.53	-3.26
10	—	90	17.04	—	82.96	18.033	—	20.410	—	18.5	—	-1.15	-2.43
—	10	90	—	16.89	83.11	19.51	—	22.05	—	18.15	—	+0.66	+1.34
5	—	95	8.87	—	91.13	14.53	—	17.043	—	24.5	—	-1.06	-2.19
—	—	100	—	—	100	13.006	—	15.708	—	30.8	—	-0.05	-0.19

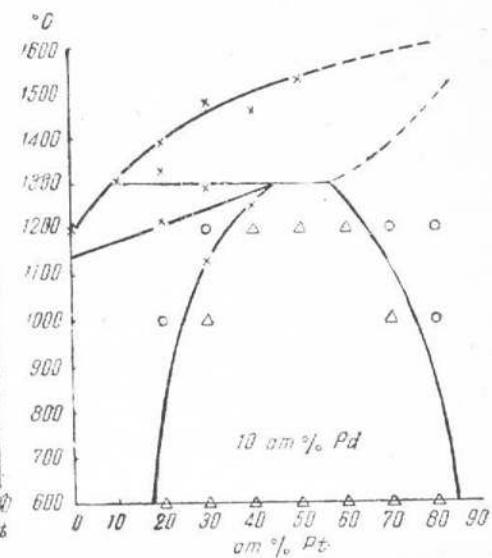
## Продолжение табл. 3

электродвижущая сила в паре с платиной в мВ при температурах горячего спая

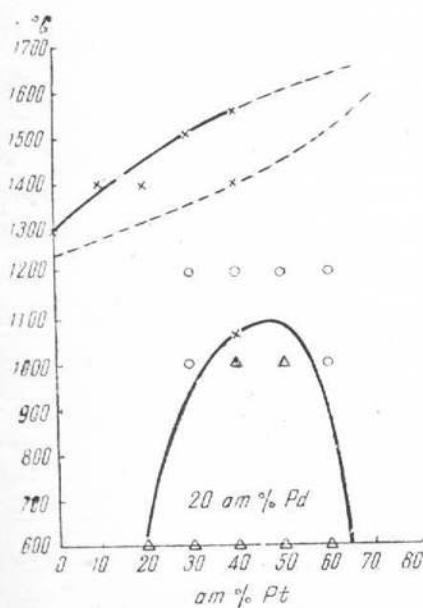
300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1400°
- 1.37	- 1.91	- 2.65	- 3.35	- 4.15	- 5.10	- 5.64	- 6.52	- 7.27	- 7.93	-	-
+ 0.02	+ 0.04	+ 0.07	+ 0.07	+ 0.08	+ 0.08	+ 0.08	+ 0.08	+ 0.09	+ 0.08	-	-
+ 1.65	+ 2.12	+ 2.79	+ 3.41	+ 4.24	+ 4.96	+ 5.65	+ 6.39	+ 7.07	+ 7.74	+ 8.37	+ 9.01
- 5.28	- 7.41	- 9.95	- 12.87	- 15.91	- 19.55	- 22.85	- 25.79	- 29.49	- 32.26	- 35.47	-
- 8.42	- 11.78	- 15.24	- 19.10	- 22.71	- 26.69	- 30.75	- 34.69	- 38.40	- 42.36	- 45.22	-
- 5.85	- 8.31	- 10.90	- 13.32	- 16.59	- 19.70	- 22.97	- 25.65	- 28.56	- 31.83	- 34.90	-
- 3.14	- 4.38	- 6.11	- 7.68	- 9.54	- 11.62	- 13.34	- 15.45	- 17.49	- 19.41	-	-
- 1.40	- 1.92	- 2.66	- 3.30	- 4.19	- 5.09	- 5.87	- 6.80	- 7.65	- 8.45	-	-
+ 0.20	+ 0.34	+ 0.48	+ 0.58	+ 0.70	+ 0.78	+ 0.85	+ 0.92	+ 0.97	+ 0.99	-	-
+ 1.94	+ 2.50	+ 3.30	+ 4.06	+ 5.06	+ 5.93	+ 6.77	+ 7.65	+ 8.46	+ 9.28	+ 9.97	+ 10.72
- 11.17	- 15.00	- 19.40	- 23.91	- 28.65	- 33.69	- 38.23	- 42.76	- 46.97	- 50.45	- 54.79	-
- 6.96	- 9.88	- 12.99	- 16.54	- 19.90	- 23.56	- 27.51	- 31.02	- 34.60	- 38.34	- 42.14	-
- 3.83	- 5.55	- 7.40	- 9.18	- 11.64	- 13.97	- 16.43	- 18.46	- 20.73	- 23.45	- 25.72	-
- 0.80	- 1.12	- 1.62	- 2.16	- 3.08	- 4.02	- 5.10	- 6.40	- 7.66	- 8.66	-	-
+ 0.36	+ 0.56	+ 0.74	+ 0.92	+ 1.07	+ 1.17	+ 1.24	+ 1.29	+ 1.30	+ 1.26	-	-
+ 2.06	+ 2.60	+ 3.54	+ 4.36	+ 5.29	+ 6.25	+ 7.15	+ 8.08	+ 8.87	+ 9.60	+ 10.35	+ 11.19
- 10.00	- 13.80	- 17.99	- 22.49	- 27.49	- 32.54	- 37.26	- 41.86	- 46.33	- 49.85	- 54.40	-
- 4.67	- 6.69	- 8.93	- 11.53	- 14.07	- 16.90	- 19.97	- 22.88	- 25.73	- 28.77	- 31.72	-
- 1.60	- 2.21	- 3.17	- 4.01	- 5.35	- 6.65	- 8.05	- 9.61	- 11.08	- 12.51	-	-
+ 0.44	+ 0.63	+ 0.81	+ 0.94	+ 1.03	+ 1.04	+ 0.98	+ 0.85	+ 0.68	+ 0.48	-	-
+ 2.59	+ 3.24	+ 4.30	+ 5.29	+ 6.37	+ 7.41	+ 8.43	+ 9.44	+ 10.30	+ 11.11	+ 11.81	+ 12.59
- 7.48	- 10.57	- 13.89	- 17.67	- 24.02	- 25.91	- 30.08	- 34.48	- 38.45	- 41.85	- 45.80	-
- 2.85	- 4.05	- 5.45	- 7.18	- 8.85	- 10.78	- 12.89	- 14.95	- 17.07	- 19.29	- 21.60	-
+ 0.20	+ 0.26	+ 0.26	+ 0.19	- 0.01	- 0.29	- 0.70	- 1.22	- 1.73	- 2.34	-	-
+ 2.85	+ 3.55	+ 4.62	+ 5.61	+ 6.65	+ 7.67	+ 8.57	+ 9.40	+ 10.15	+ 10.82	+ 11.34	+ 11.90
- 5.84	- 7.79	- 10.28	- 13.18	- 16.72	- 19.80	- 22.76	- 26.42	- 29.61	- 32.66	- 35.90	-
- 1.22	- 1.71	- 2.31	- 3.06	- 4.06	- 5.09	- 6.14	- 7.25	- 8.42	- 9.50	-	-
+ 2.86	+ 3.50	+ 4.51	+ 5.29	+ 6.11	+ 6.91	+ 7.49	+ 8.01	+ 8.38	+ 8.63	+ 8.82	+ 8.95
- 5.20	- 6.89	- 9.08	- 11.37	- 14.08	- 16.94	- 19.81	- 22.80	- 25.73	- 28.56	- 31.25	-
- 3.82	- 5.01	- 6.62	- 8.28	- 10.27	- 12.50	- 14.75	- 17.15	- 19.56	- 21.90	- 24.16	-
+ 2.02	+ 2.39	+ 2.88	+ 3.21	+ 3.43	+ 3.50	+ 3.40	+ 3.14	+ 2.74	+ 2.16	+ 1.61	-
- 3.40	- 4.44	- 5.82	- 7.27	- 9.04	- 11.05	- 13.11	- 15.31	- 17.56	- 19.73	- 21.96	-
- 0.43	- 0.68	- 1.12	- 1.76	- 2.68	- 3.67	- 4.83	- 6.15	- 7.76	- 9.24	- 10.99	-



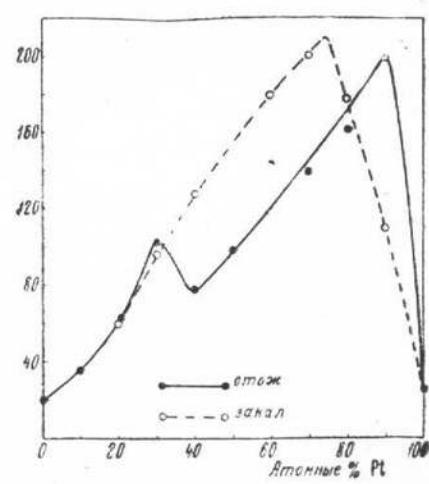
Фиг. 1. Диаграмма состояний системы Au — Pt



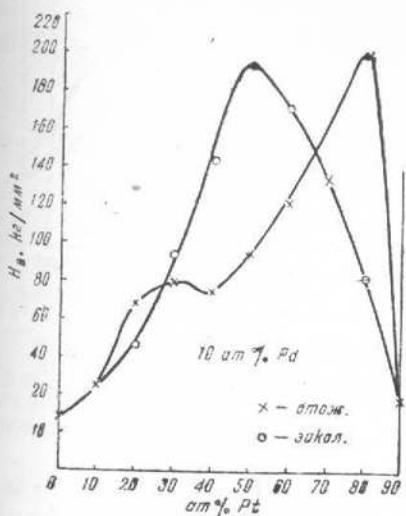
Фиг. 2. Диаграмма состояний разреза с постоянным содержанием 10 ат. % Pd



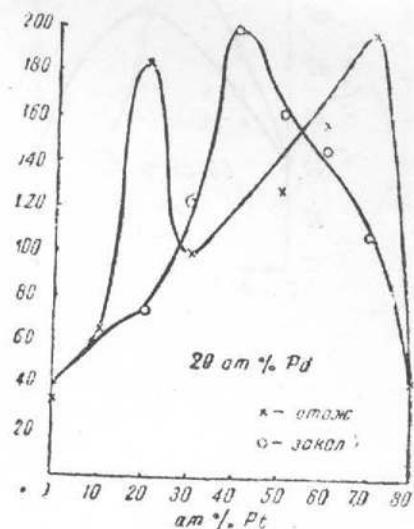
Фиг. 3. Диаграмма состояний разреза с постоянным содержанием 20 ат. % Pd



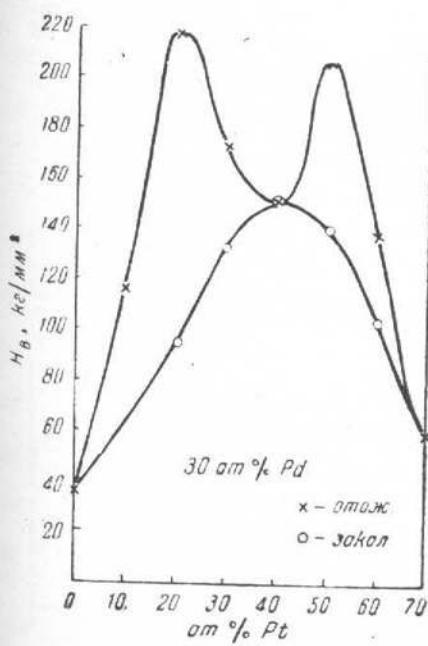
Фиг. 4. Твердость системы Au — Pt



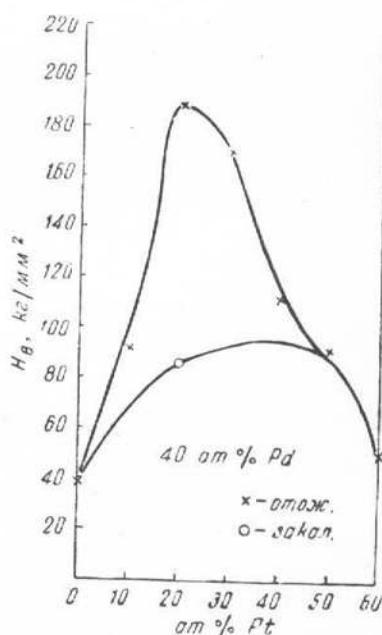
Фиг. 5. Твердость разреза с постоянным содержанием 10 ат. % Pd



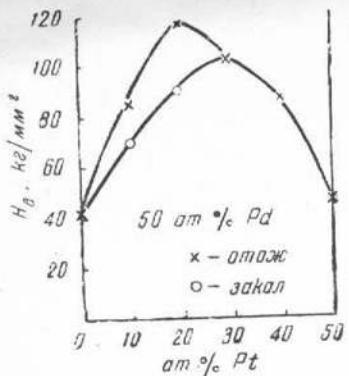
Фиг. 6. Твердость разреза с постоянным содержанием 20 ат. % Pd



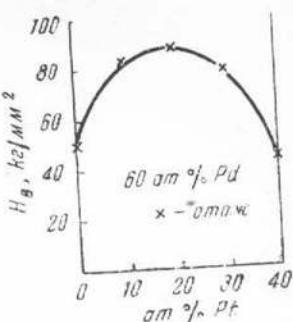
Фиг. 7. Твердость разреза с постоянным содержанием 30 ат. % Pd



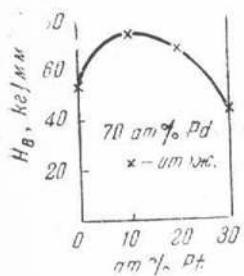
Фиг. 8. Твердость разреза с постоянным содержанием 40 ат. % Pd



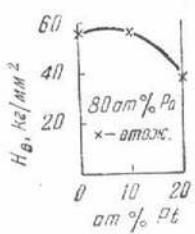
Фиг. 9. Твердость разреза с постоянным содержанием 50 ат. % Pd



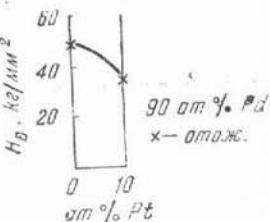
Фиг. 10. Твердость разреза с постоянным содержанием 60 ат. % Pd



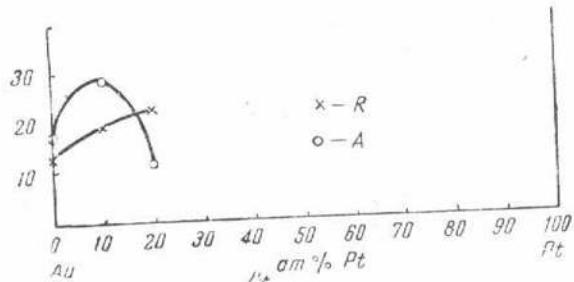
Фиг. 11. Твердость разреза с постоянным содержанием 70 ат. % Pd



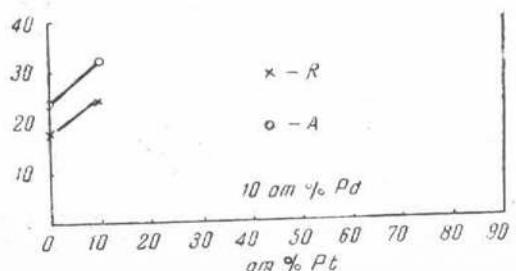
Фиг. 12. Твердость разреза с постоянным содержанием 80 ат. % Pd



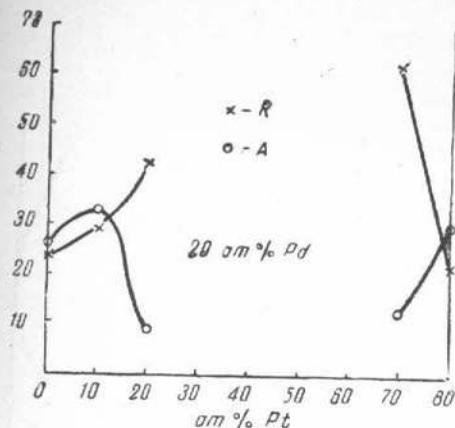
Фиг. 13. Твердость разреза с постоянным содержанием 90 ат. % Pd



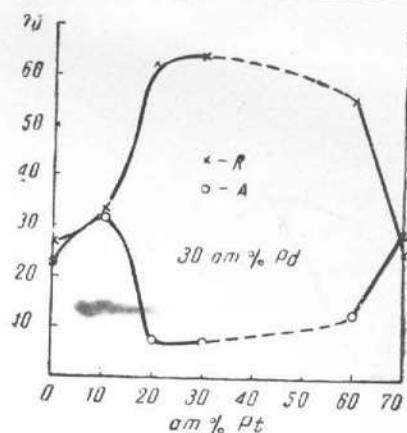
Фиг. 14. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов Au-Pt



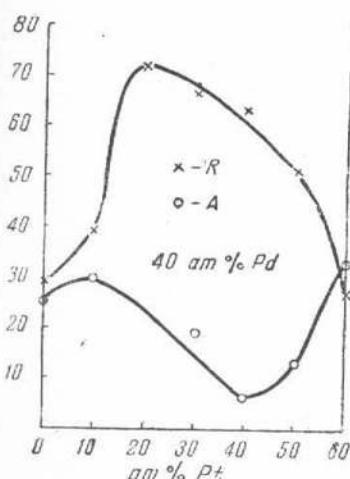
Фиг. 15. Сопротивление разрыву  $R$  (кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 10 ат. % Pd



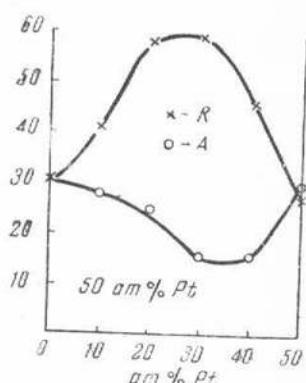
Фиг. 16. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 20 ат. % Pd



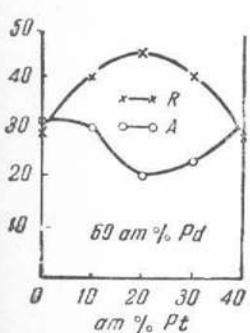
Фиг. 17. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 30 ат. % Pd



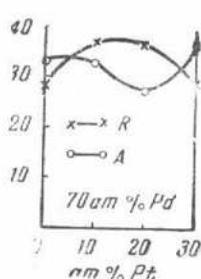
Фиг. 18. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 40 ат. % Pd



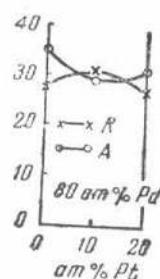
Фиг. 19. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 50 ат. % Pd



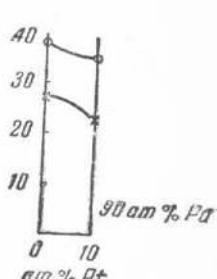
Фиг. 20. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 60 ат. % Pd



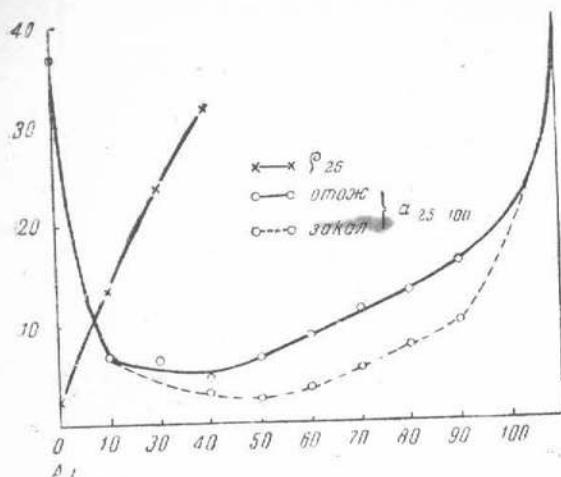
Фиг. 21. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 70 ат. % Pd



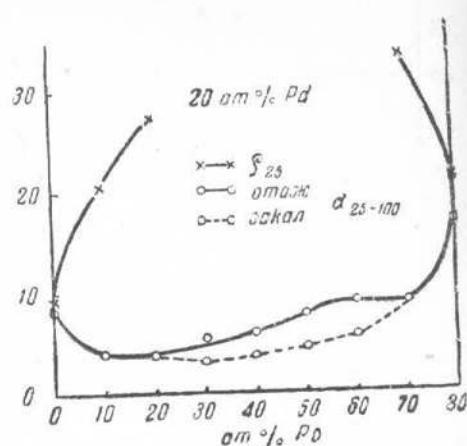
Фиг. 22. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 80 ат. % Pd



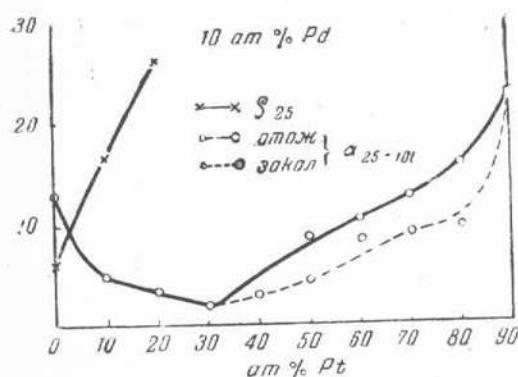
Фиг. 23. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 90 ат. % Pd



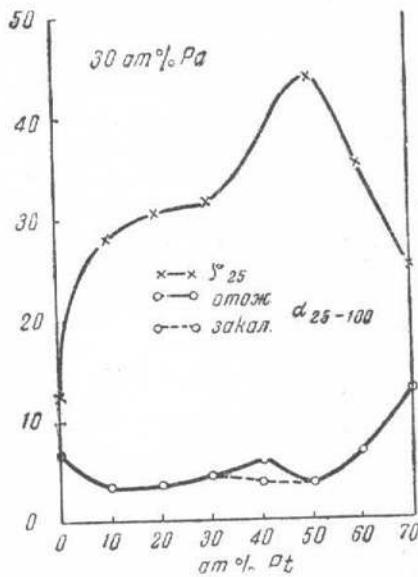
Фиг. 24. Электросопротивление  $\rho_{25}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100}$  сплавов Au—Pt

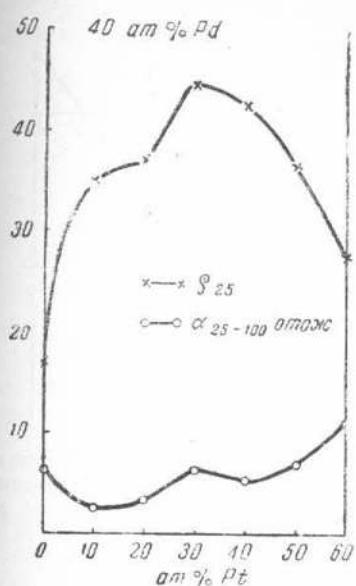


Фиг. 26. Электросопротивление  $\rho_{25}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100}$  сплавов с постоянным содержанием 20 ат. % Pd

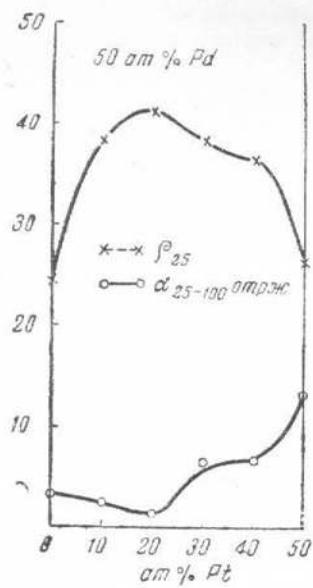


Фиг. 25. Электросопротивление  $\rho_{25}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100}$  сплавов с постоянным содержанием 10 ат. % Pd

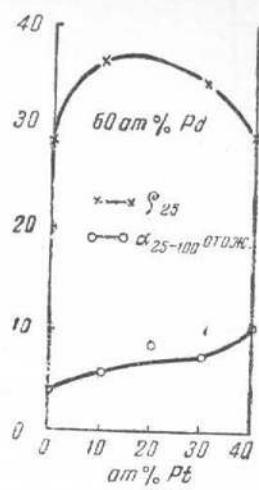




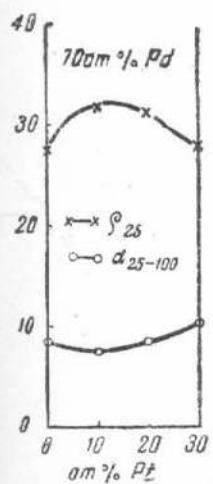
Фиг. 28. Электросопротивление  $\rho_{25^\circ}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100^\circ}$  сплавов с постоянным содержанием 40 ат. % Pd



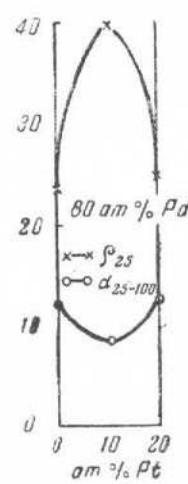
Фиг. 29. Электросопротивление  $\rho_{25^\circ}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100^\circ}$  сплавов с постоянным содержанием 50 ат. % Pd



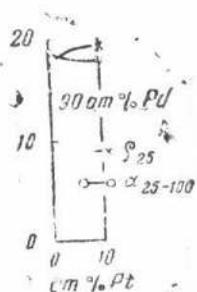
Фиг. 30. Электросопротивление  $\rho_{25^\circ}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100^\circ}$  сплавов с постоянным содержанием 60 ат. % Pd



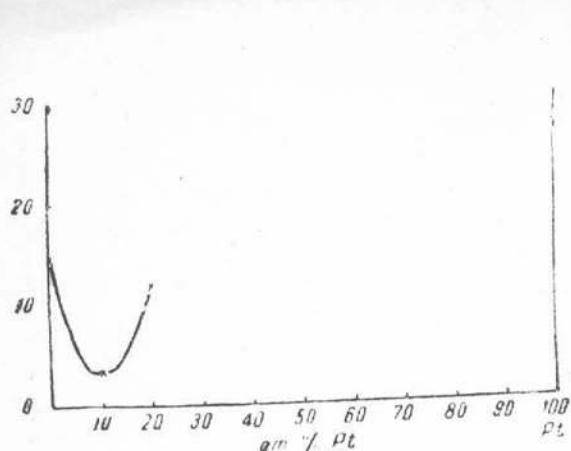
Фиг. 31. Электросопротивление  $\rho_{25^\circ}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100^\circ}$  сплавов с постоянным содержанием 70 ат. % Pd



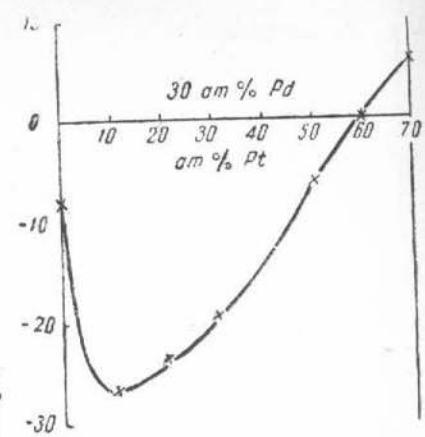
Фиг. 32. Электросопротивление  $\rho_{25^\circ}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100^\circ}$  сплавов с постоянным содержанием 80 ат. % Pd



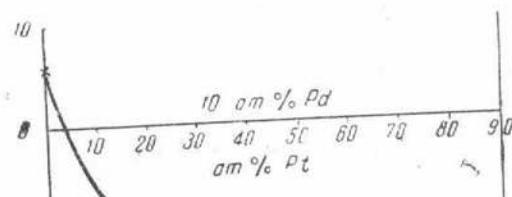
Фиг. 33. Электросопротивление  $\rho_{25^\circ}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100^\circ}$  сплавов с постоянным содержанием 90 ат. % Pd



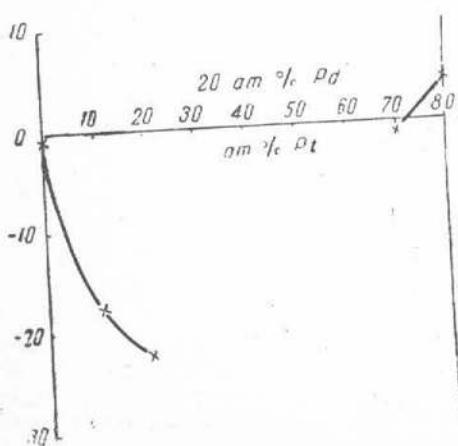
Фиг. 34. Термоэлектродвижущая сила сплавов Au—Pt в паре с Pt



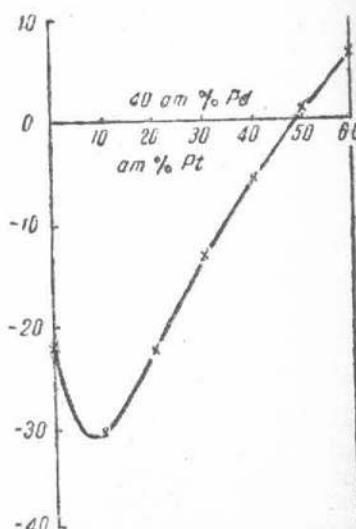
Фиг. 37. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 30 ат. % Pd в паре с платиной



Фиг. 35. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 10 ат. % Pd в паре с платиной

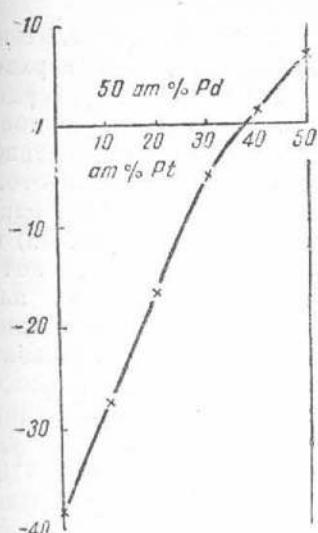


Фиг. 36. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 20 ат. % Pd в паре с платиной

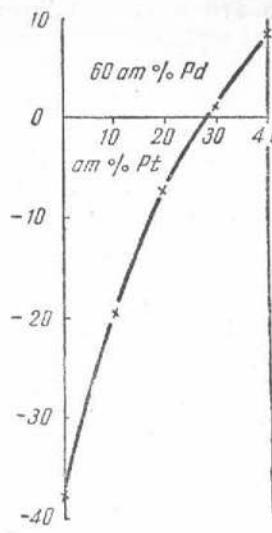


Фиг. 38. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 40 ат. % Pd в паре с платиной

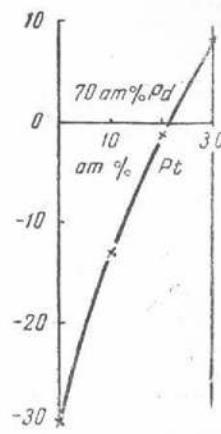
анализом удалось установить только линии ликвидус и солидус; границы гетерогенности, вследствие малого термического эффекта, были определены методом закалки и изучения микроструктуры. Было интересно



Фиг. 39. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 50 ат. % Pd в паре с платиной

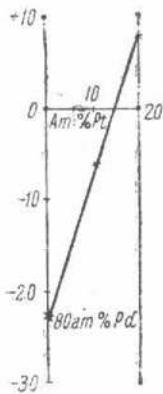


Фиг. 40. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 60 ат. % Pd в паре с платиной

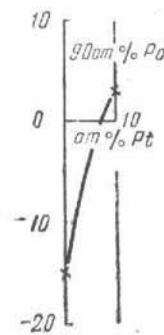


Фиг. 41. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 70 ат. % Pd в паре с платиной

выяснить вопрос о природе диаграммы состояний системы золото—платина, т. е. является ли она перитектической, как было указано Григорьевым (2), или образуется непрерывный ряд твердых растворов по



Фиг. 42. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 80 ат. % Pd в паре с платиной



Фиг. 43. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 90 ат. % Pd в паре с платиной

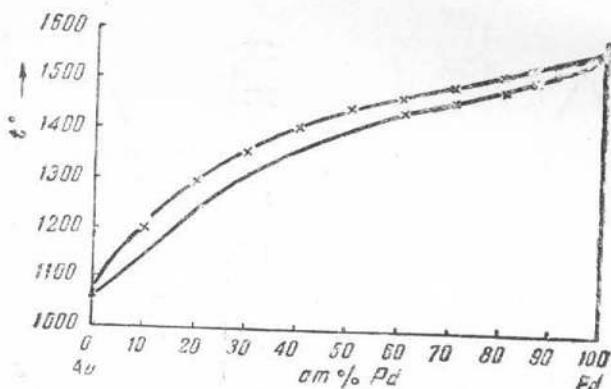
Деринкелю (1), распадающийся на механическую смесь, как на это указывали Иогансон и Линде (3).

Термический анализ дал совпадающие с данными Григорьева результаты, а произведенной при разных температурах закалкой сплавов гетерогенной области установлено, что никакой непрерывной области твердых

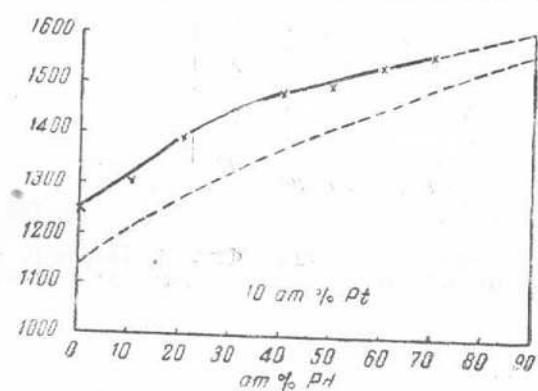
растворов в средней части диаграммы не существует, сплавы, будучи гетерогенными до  $1300^\circ$ , при этой температуре испытывают расплавление богатой золотом фазы, т. е. диаграмма плавкости принадлежит к перитектическому типу, как на это и указал Григорьев (2).

На фиг. 1 представлена диаграмма состояний системы золото—платина, построенная на основании данных настоящего исследования. В верхней части диаграмма в общем совпадает с диаграммой Григорьева; в твердом состоянии наблюдается сужение области твердых растворов при понижении температуры. Треугольниками обозначены сплавы с гетерогенной структурой, кружками сплавы однофазовые. На фиг. 92 представлен отожженный сплав, содержащий 20 ат. % платины, являющийся вполне однородным. Сплав с 30 ат. % платины в отожженном состоянии (фиг. 93) не однороден, причем преобладает темная, богатая золотом фаза, из которой в твердом состоянии выделилась избыточная светлая, богатая платиной фаза. Тот же сплав, закаленный при  $1000^\circ$  (фиг. 94), обладает однородной структурой твердого раствора. Структура этих двух сплавов с 20 и 30 ат. % платины находится в соответствии с диаграммой фиг. 1 и с диаграммой, данной Иогансон и Линде (3). Сплав с 40 ат. % платины, который, согласно диаграмме Иогансон и Линде, должен был бы уже при закалке при  $1000^\circ$  быть однофазным, даже при закалке при  $1200^\circ$  остается неоднородным и содержит небольшое количество второй фазы (фиг. 95). На фиг. 96 и 97 представлены сплавы с 50 и 60 ат. % платины, закаленные при  $1200^\circ$ , являющиеся явно гетерогенными и содержащими очень значительные количества второй фазы, хотя по диаграмме Иогансон и Линде уже при закалке при  $1160^\circ$  эти сплавы должны были бы иметь структуру твердых растворов. Фиг. 98, 99 и 100 относятся к бинарному сплаву, содержащему 70 ат. % платины. В отожженном сплаве (фиг. 98) наблюдается преобладание белой, богатой платиной фазы; после закалки при  $1200^\circ$  структура его остается почти без изменения (фиг. 99), после закалки при  $1300^\circ$  (фиг. 100) в сплаве наблюдается явное начало плавления. Следует отметить, что по диаграмме Иогансона и Линде этот сплав при  $1200^\circ$  должен был бы иметь структуру твердого раствора, а температура плавления его должна была бы быть выше  $1400^\circ$ . Сплав, содержащий 80 ат. % платины, по данным микроструктуры лежит вне области перитектической линии диаграммы. Фиг. 101 относится к отожженному сплаву, содержащему 80 ат. % платины, явно гетерогенному, тот же сплав после закалки при  $1000^\circ$  (фиг. 102), вследствие изменения границ твердых растворов с температурой, содержит уже меньше темной, богатой золотом фазы, все еще оставаясь гетерогенным, и, наконец, после закалки при  $1200^\circ$  является определенным твердым раствором (фиг. 103).

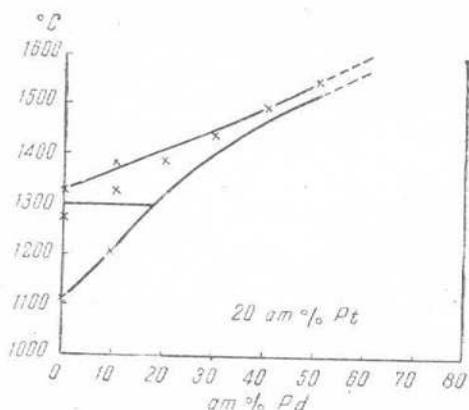
Результаты исследования твердости бинарной системы золото—платина (фиг. 4) находятся в полном соответствии с данными микроструктуры. Кривые твердости для отожженных и закаленных сплавов имеют тот же характер, но твердость у закаленных сплавов средней части диаграммы больше, чем у отожженных. Граница богатых платиной твердых растворов у закаленных при  $1200^\circ$  сплавов лежит между 70 и 80 ат. % платины, у отожженных — около 90%, что отображается на кривых резкими изломами. Приготовление проволок удалось произвести только для сплавов, богатых золотом, поэтому сопротивление разрыву, удлинение (фиг. 14), электросопротивление (фиг. 24) и термоэлектродвижущую силу в паре с платиной (фиг. 34) удалось определить только для этих сплавов. Кривые температурного коэффициента электросопротивления, определенного для интервала температур  $25 - 100^\circ$  и измеренного на образцах, приготовленных по методу насасывания, приведены на фиг. 24 и в общем находятся в соответствии с кривыми твердости.



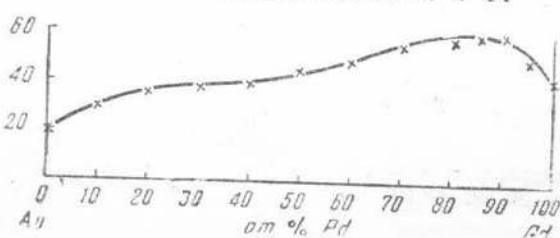
Фиг. 44. Диаграмма состояний системы Au—Pd



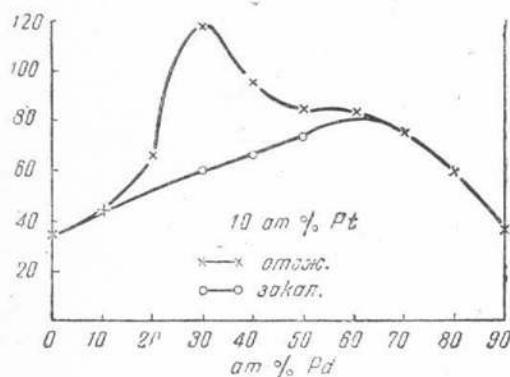
Фиг. 45. Диаграмма состояний разреза с постоянным содержанием 10 ат. % Pt



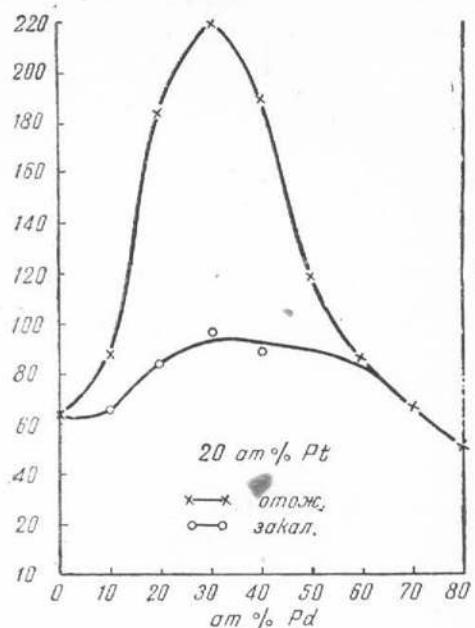
Фиг. 46. Диаграмма состояний разреза с постоянным содержанием 20 ат. % Pt



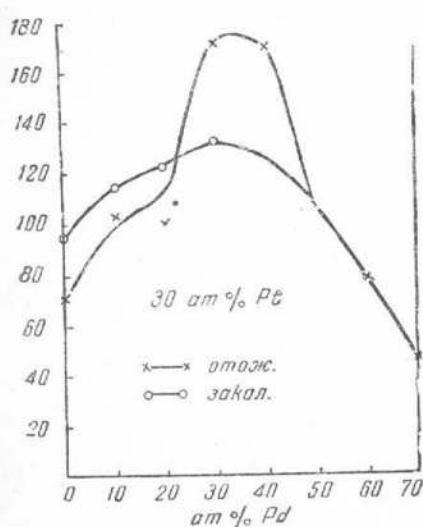
Фиг. 47. Твердость системы Au—Pd



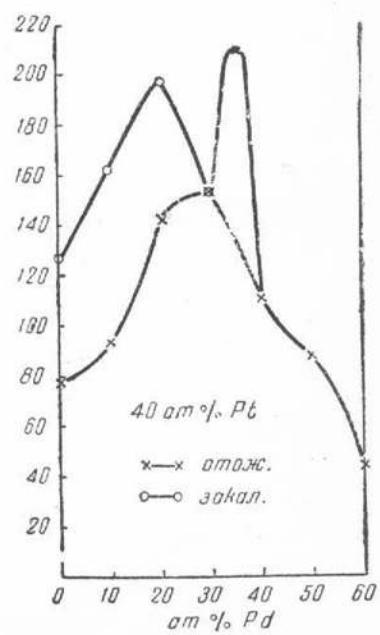
Фиг. 48. Твердость разреза с постоянным содержанием 10 ат. % Pt



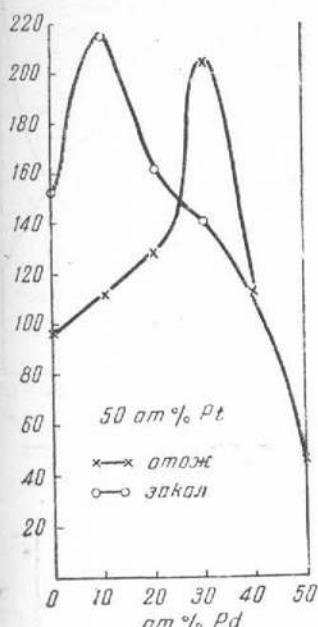
Фиг. 49. Твердость разреза с постоянным содержанием 20 ат. % Pt



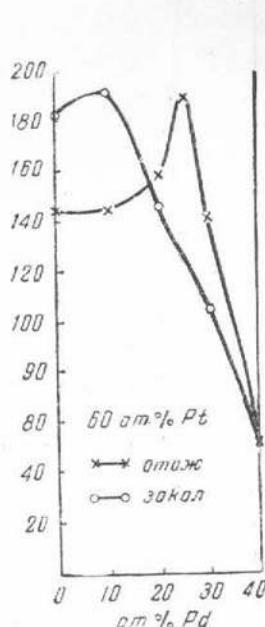
Фиг. 50 Твердость разреза с постоянным содержанием 30 ат. % Pt



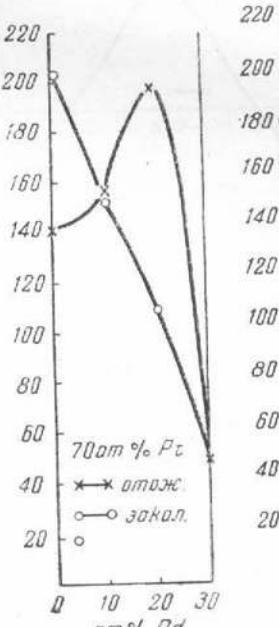
Фиг. 51 Твердость разреза с постоянным содержанием 40 ат. % Pt



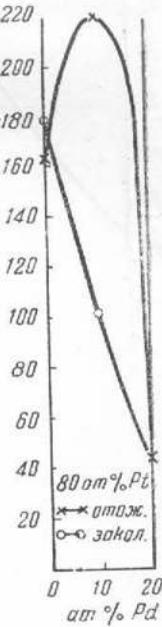
Фиг. 52. Твердость разреза с постоянным содержанием 50 ат. % Pt



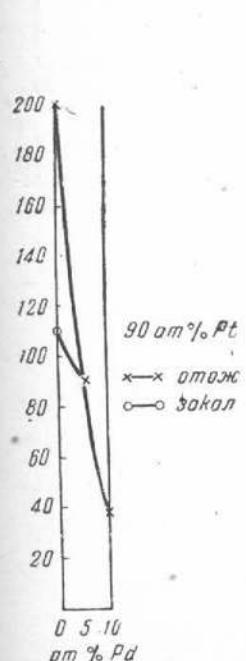
Фиг. 53. Твердость разреза с постоянным содержанием 60 ат. % Pt



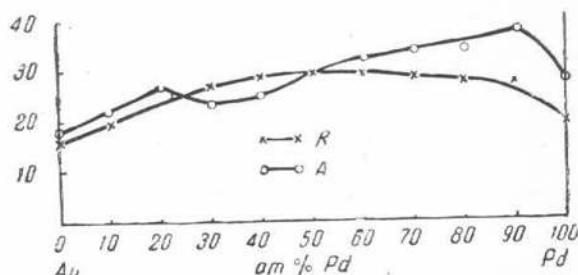
Фиг. 54. Твердость разреза с постоянным содержанием 70 ат. % Pt



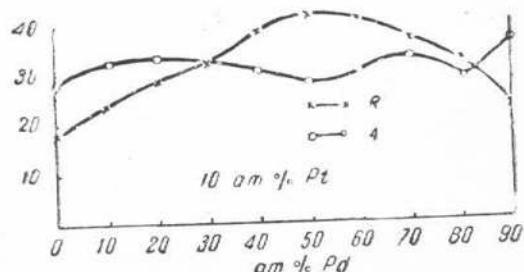
Фиг. 55. Твердость разреза с постоянным содержанием 80 ат. % Pt



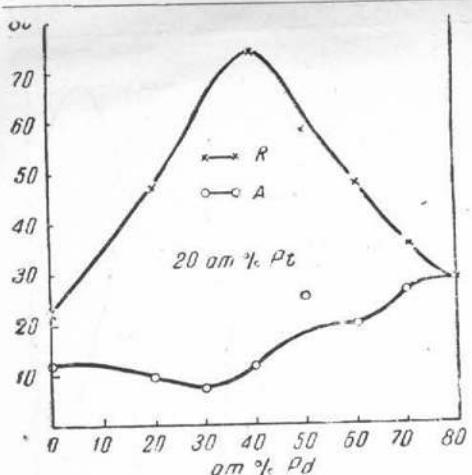
Фиг. 56. Твердость разреза с постоянным содержанием 90 ат. % Pt



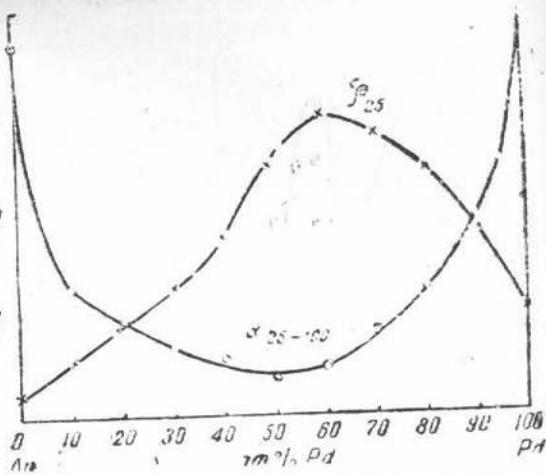
Фиг. 57. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) системы Au—Pd



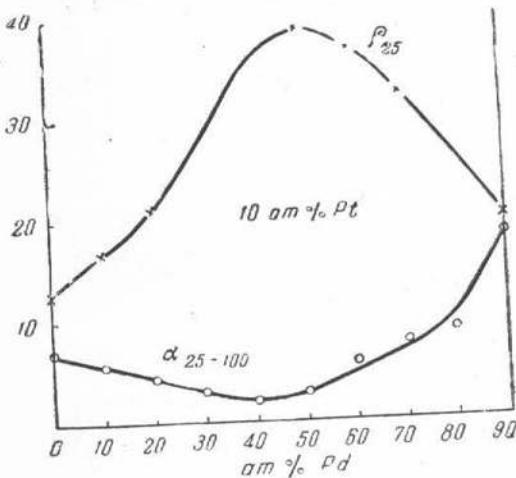
Фиг. 58. Сопротивление разрыву  $R$  (в кг/мм<sup>2</sup>) и удлинение  $A$  (в %) сплавов с постоянным содержанием 10 ат. % Pt



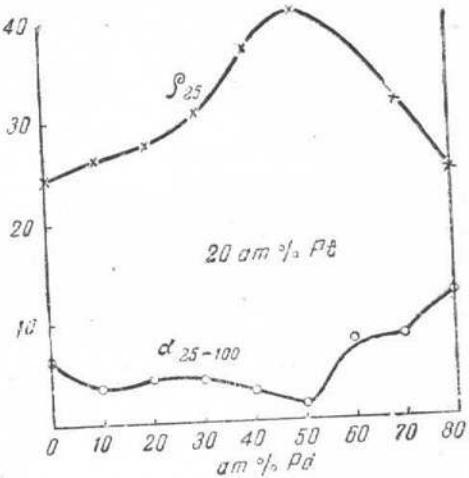
Фиг. 59. Сопротивление разрыву  $R$  (в  $\text{k}\Omega/\text{мм}^2$ ) и удлинение  $A$  (в % сплавов) с постоянным содержанием 20 ат. % Pt



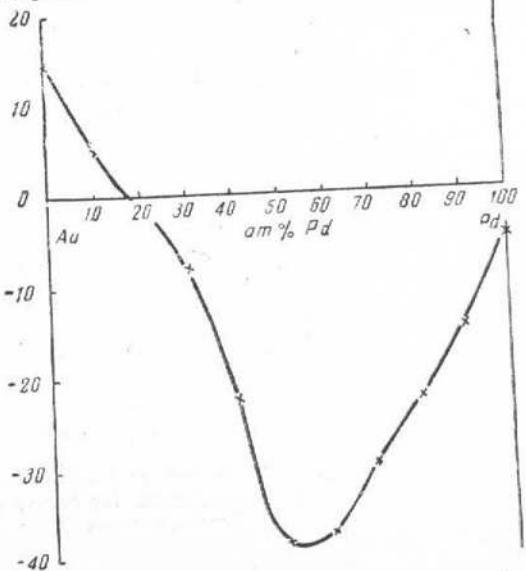
Фиг. 60. Электросопротивление  $\rho_{25}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100}$  системы Au-Pd



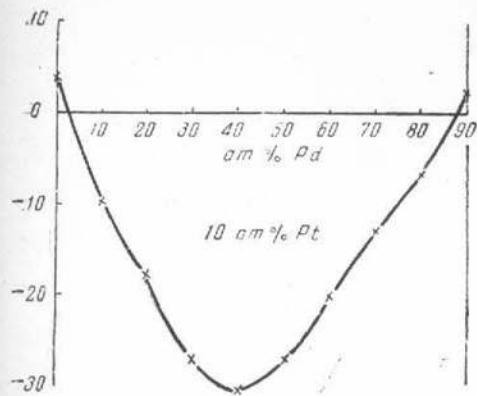
Фиг. 61. Электросопротивление  $\rho_{25}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100}$  сплавов с постоянным содержанием 10 ат. % Pt



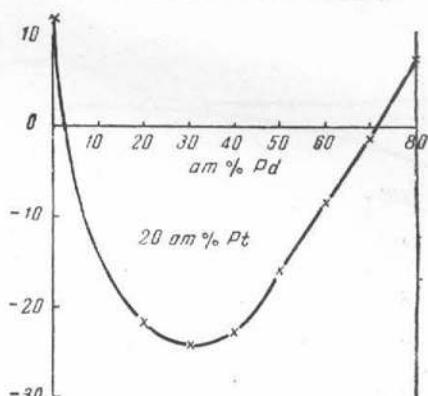
Фиг. 62. Электросопротивление  $\rho_{25}$  и его температурный коэффициент  $\alpha_{25-100}$  сплавов с постоянным содержанием 20 ат. % Pt



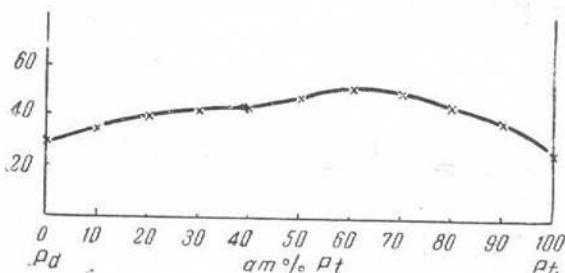
Фиг. 63. Термоэлектродвижущая сила сплавов Au-Pd в паре с платиной



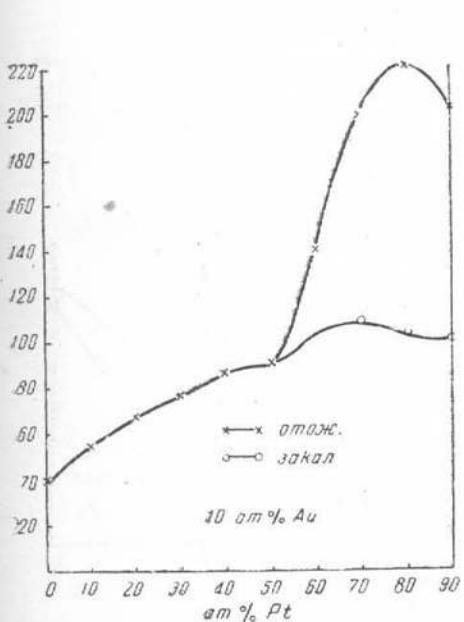
Фиг. 64. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 10 ат. % Pt в паре с платиной



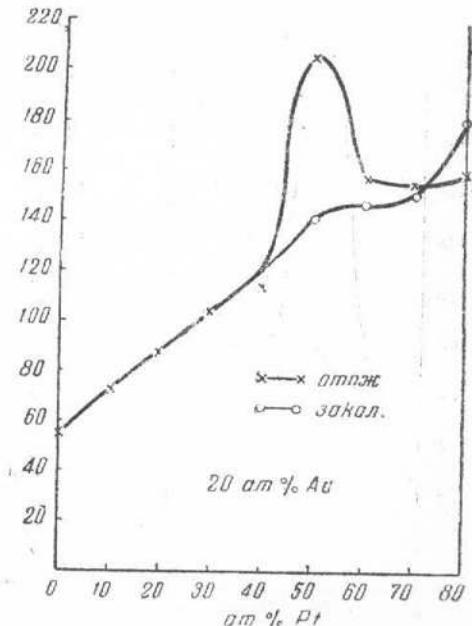
Фиг. 65. Термоэлектродвижущая сила сплавов с постоянным содержанием 20 ат. % Pt в паре с платиной



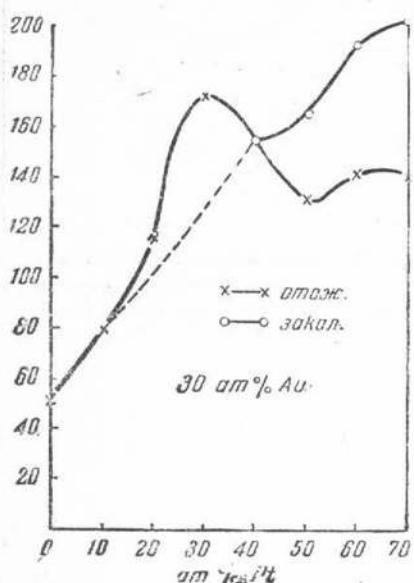
Фиг. 66. Твердость системы  $Pd - Pt$



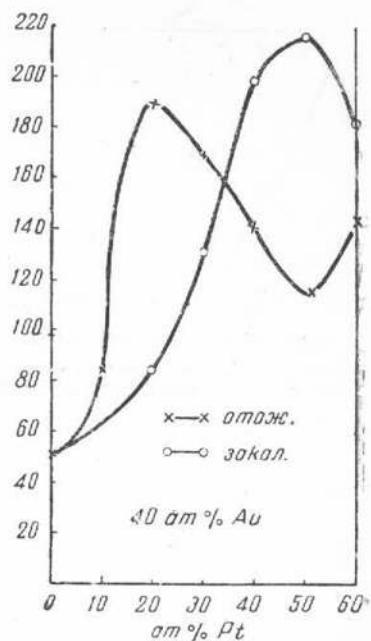
Фиг. 67. Твердость разреза с постоянным содержанием 10 ат. % Au



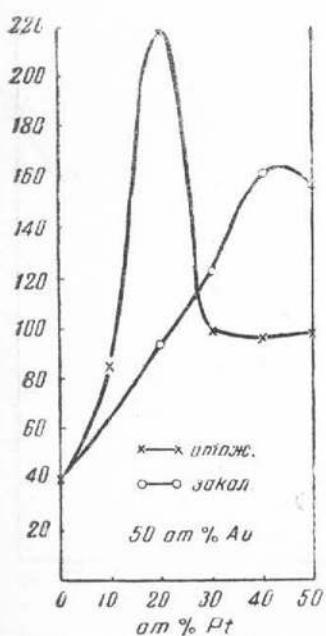
Фиг. 68. Твердость разреза с постоянным содержанием 20 ат. % Au



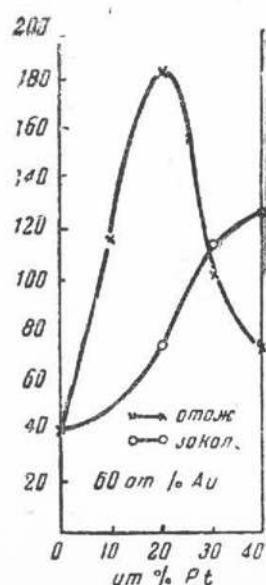
Фиг. 69. Твердость разреза с постоянным содержанием 30 ат. % Au



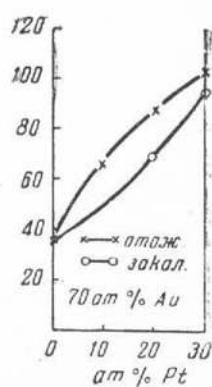
Фиг. 70. Твердость разреза с постоянным содержанием 40 ат. % Au



Фиг. 71. Твердость разреза с постоянным содержанием 50 ат. % Au



Фиг. 72. Твердость разреза с постоянным содержанием 60 ат. % Au



Фиг. 73. Твердость разреза с постоянным содержанием 70 ат. % Au