

В. А. НЕМИЛОВ и Т. А. СТРУНИНА*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПАЛЛАДИЙ — СЕРЕБРО — НИКЕЛЬ

Диаграмма состояний тройной системы палладий — серебро — никель до сих пор не была подвергнута систематическому исследованию. Между тем изучение физических свойств тройной системы, в которой две двойные обладают гомогенной растворимостью как в жидким, так и в твердом состоянии, а в третьей имеет место расслаивание в жидким состоянии на протяжении почти всей диаграммы, представляет значительный теоретический интерес.

Двойные системы, образующие тройную, исследованы достаточно подробно.

Система палладий — серебро впервые была изучена методом термического анализа Руэром [1] в 1906 г. Он установил, что система обладает чечевицеобразной диаграммой плавкости (фиг. 1), характерной для непрерывного ряда твердых растворов.

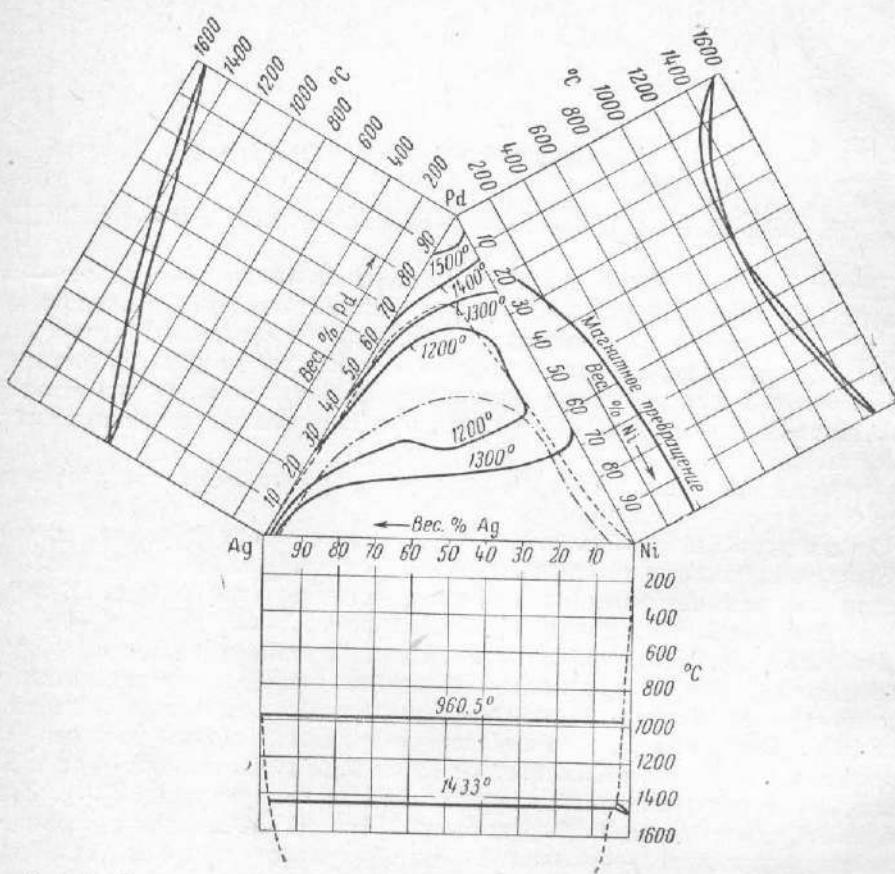
Гейбелль [2] в 1911 г. произвел исследование системы методами электропроводности, температурного коэффициента электросопротивления, сопротивления разрыву и термоэлектродвижущей силы в паре с платиной при 900°. Исследование системы методом рентгеновского анализа было выполнено Крюгером и Сакловским [3] в 1925 г. Е. Я. Роде [4] в 1936 г. исследовал систему методами твердости и микроструктуры, а В. А. Немилов, А. А. Рудницкий, Т. А. Видусова [5] в 1947 г. в связи с исследованием системы платина — палладий — серебро вновь подробно исследовали систему палладий — серебро методами твердости, электросопротивления, его температурного коэффициента и термоэлектродвижущей силы. Все приведенные исследования подтвердили вывод Руэра о наличии в системе палладий — серебро непрерывного ряда твердых растворов.

Система палладий — никель впервые изучена Гейнрихом [6] в 1913 г. методами термического анализа и микроструктуры. Автором установлено наличие в системе пологого минимума на кривой плавкости в области 40—60 вес. % палладия при 1268° и однофазной структуры сплавов, позволившее ему сделать вывод о наличии в системе непрерывного ряда твердых растворов. Френкель и Штерн [7] в 1926 г. повторили исследование диаграммы методом термического анализа. Предположенный ими разрыв смешиваемости при низких температурах не подтвердился исследованием Хультгрен и Цапфе [8], выполненным методом рентгеновского анализа. А. Т. Григорьев [9] в 1932 г., исследуя систему палладий — никель методами твердости, микроструктуры и температурного коэффициента электросопротивления, подтвердил установленное Гейнрихом [6] наличие в системе непрерывного ряда твердых

* Работа выполнена при участии студентов-дипломантов химического факультета Московского университета В. В. Скворцовой, Н. И. Лысенко и Р. Я. Шнееровой.

растворов. Термическая диаграмма системы, установленная Гейнрихом, приведена на фиг. 1.

Система серебро — никель исследована Петренко [10] в 1907 г. Им установлено наличие расслаивания в жидкоком состоянии, ох-



Фиг. 1. Диаграммы состояний двойных систем и изотермы поверхности ликвидус системы Pd — Ag — Ni

— граница гетерогенной области,
— граница области расслаивания

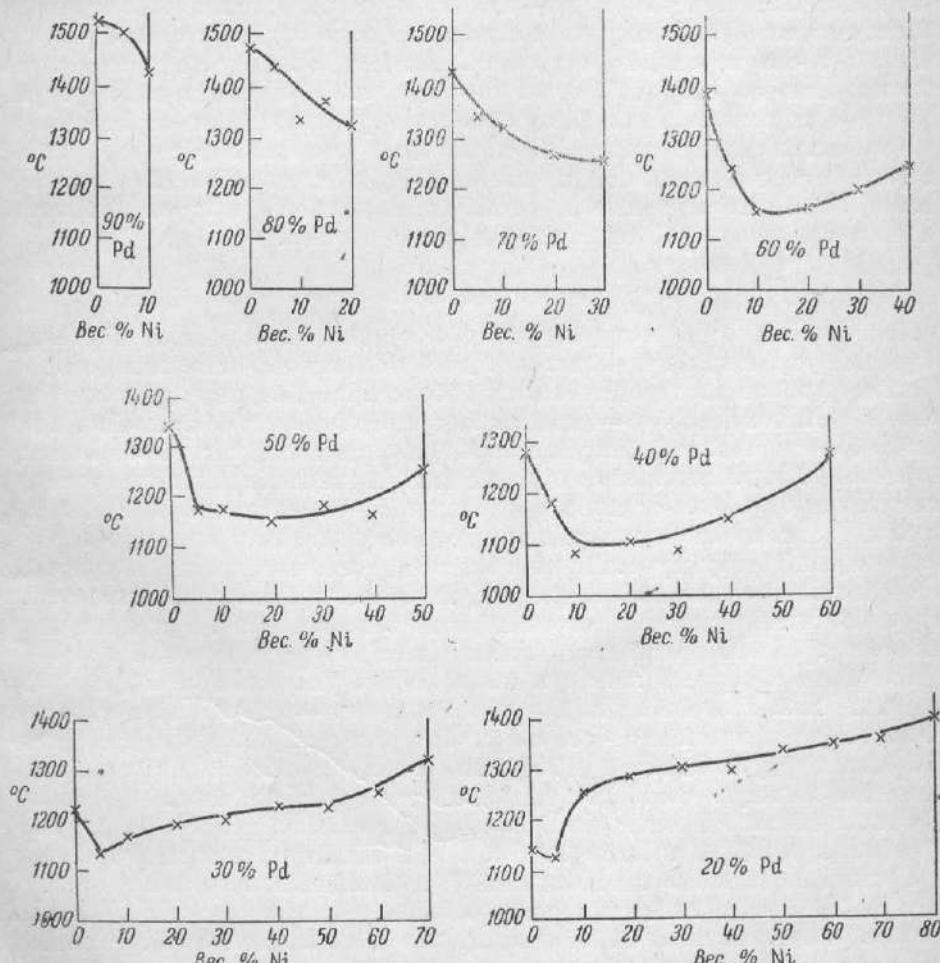
вательно почти всю область диаграммы. Растворимость серебра в никеле, по данным Петренко, составляет 4 вес. % при температуре монотектики, лежащей при 1435° . Тамманн и Ольсен [11] в 1930 г. исследовали магнитным методом растворимость никеля в серебре и установили, что растворимость при понижении температуры уменьшается от 0.1% при 920° до 0.04% при 400° . Гюртлер и Бергман [12] в 1933 г. в связи с исследованием системы медь — никель — серебро повторили исследование системы никель — серебро и установили максимальную растворимость никеля в серебре, при температуре солидус, в 3.65% и понижение растворимости с температурой. На фиг. 1 приведены диаграммы состояний системы никель — серебро по данным Петренко с исправлениями Гюртлера и Бергмана.

В настоящем исследовании было произведено изучение системы палладий — серебро — никель методами термического анализа, микроструктуры,

тврдости по Бринеллю, электросопротивления и его температурного коэффициента. Изучены сплавы, расположенные на разрезах тройной системы, с постоянным содержанием палладия 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 и 10 вес. %, а также сплавы с постоянным содержанием 1.5 и 2.5 вес. % никеля. В качестве исходных материалов для приготовления сплавов служили: электролитическое серебро, электролитический никель и губчатый палладий с содержанием примесей до 0.01 %. Приготовление сплавов производилось в криптолитовой печи, в корундизовых тиглях под слоем хлористого бария. Вес большинства сплавов составлял 20 г. Для определения границ расслаивания, вызываемого в тройной системе расслаиванием в системе серебро — никель, приготавливались сплавы весом 40 г. Взвешивание корольков сплавов показало, что угар составлял не больше 0.5 % веса шихты, что позволило не производить химических анализов и принять состав сплавов по шихте.

Термический анализ

Термический анализ производился при помощи платино-платинородиевой термопары и регистрирующего пирометра Н. С. Курнакова.



Фиг. 2. Диаграммы ликвидус разрезов с постоянным содержанием палладия

Результаты термического анализа приведены в таблице (стр. 23) и для разрезов с постоянным содержанием палладия — на диаграммах фиг. 2. Так как плавки большинства сплавов были малы, то достоверными являются только температуры поверхности ликвидус; поэтому на диаграммах фиг. 2 и приведены только линии ликвидус для отдельных разрезов.

В разрезах с постоянным содержанием палладия 90, 80, 70 % температура начала кристаллизации плавно понижается от стороны палладий — серебро к стороне палладий — никель. Такая форма кривых ликвидус этих разрезов объясняется наличием минимума на кривой плавкости системы палладий — никель (фиг. 1). В разрезах с постоянным содержанием палладия 60 и 50 %, где гетерогенная область занимает значительную часть разреза, кривая ликвидус сначала резко понижается от стороны палладий — серебро, а затем изменяется по кривой с пологим минимумом. В разрезах с постоянным содержанием 40, 30 и 20 вес. % палладия также наблюдается резкое понижение температуры ликвидус от стороны палладий — серебро, после чего она изменяется по кривым, поднимаясь к стороне палладий — никель. Резкое понижение температуры плавления при прибавлении никеля к сплавам палладия с серебром в разрезах с 60, 50, 40, 30 и 20 % палладия объясняется тем, что при переходе от двойной системы серебро — никель к тройной находящаяся в двойной системе серебро — никель и лежащая очень близко к серебру эвтектическая точка переходит в тройной системе в линию, сначала почти сливающуюся со стороной серебро — палладий, а затем, по мере увеличения содержания палладия, несколько удаляющуюся от нее.

На фиг. 1 представлены изотермы поверхности ликвидус тройной системы, а также показаны границы гетерогенной области и области расслаивания, проведенные на основании данных, полученных всеми применявшимися в работе методами исследования.

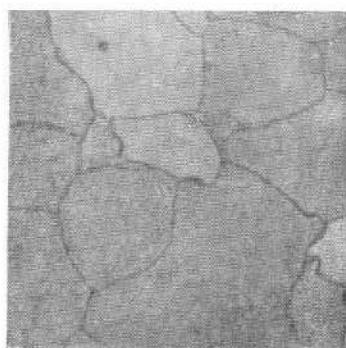
Микроструктура

Исследование микроструктуры сплавов для отожженного состояния позволило установить границы гомогенной области твердых растворов и гетерогенной области, ограничивающей область твердых растворов от прилегающей к стороне серебро — никель обширной области расслаивания. Положение области расслаивания установлено посредством приготовления сплавов весом 40 г, длительного выдерживания их при температурах немного выше температур плавления и очень медленного охлаждения, после чего сплавы распиливались в вертикальном направлении и исследовалась их макро- и микроструктура. На основании изучения микроструктуры и сопоставления ее с данными твердости, электросопротивления и его температурного коэффициента построены показанные на фиг. 1 пунктирными линиями границы расслаивания и граница гетерогенной области.

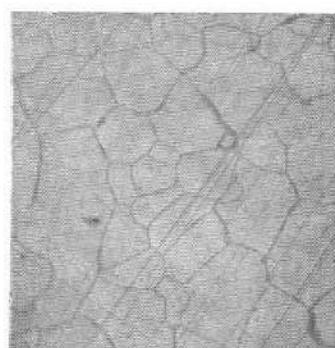
Гомогенная область лежит в палладиевом углу диаграммы и проходит неширокой полосой около стороны палладий — никель и очень близко около стороны палладий — серебро. Гетерогенная область, доходящая в середине треугольника до 75 % палладия, и область расслаивания занимают большую часть концентрационного треугольника.

Отжиг сплавов производился в вакууме, в электрической печи сопротивления при 950° в течение 72 час. с медленным охлаждением.

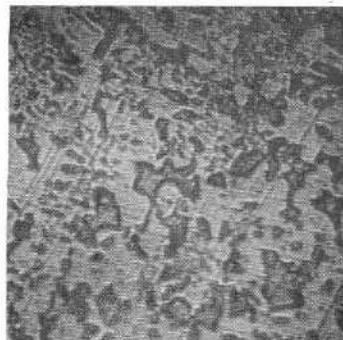
Травление сплавов производилось разбавленной царской водкой. На фиг. 3—20 представлена микроструктура некоторых сплавов. Составы сплавов указаны в весовых процентах. Все сплавы разрезов с постоянным содержанием палладия 90 и 80 % являются твердыми растворами. На фиг. 3 представлена микроструктура сплава состава 80 % палладия, 15 % никеля



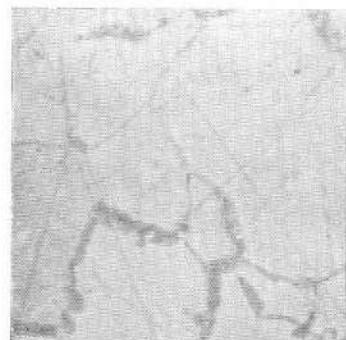
Фиг. 3. Pd — 80%, Ni — 15%,
Ag — 5%. $\times 300$



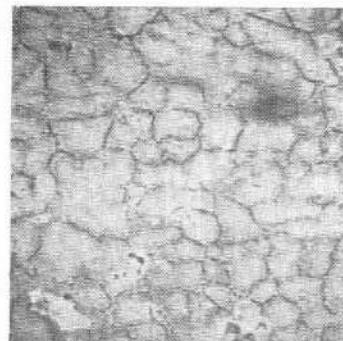
Фиг. 4. Pd — 70%, Ni — 5%,
Ag — 25%. $\times 200$



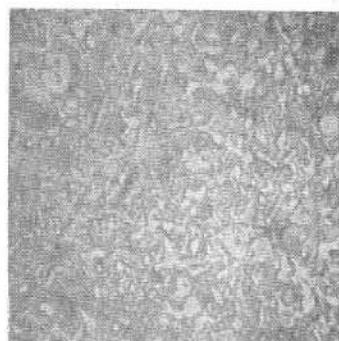
Фиг. 5. Pd — 70%, Ni — 10%,
Ag — 20%. $\times 300$



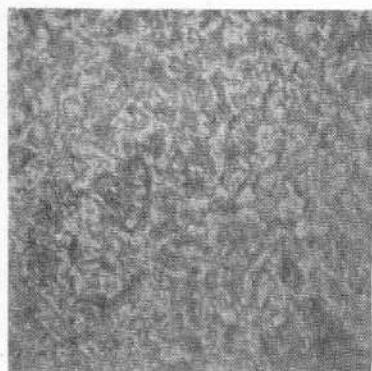
Фиг. 6. Pd — 70%, Ni — 20%,
Ag — 10%. $\times 200$



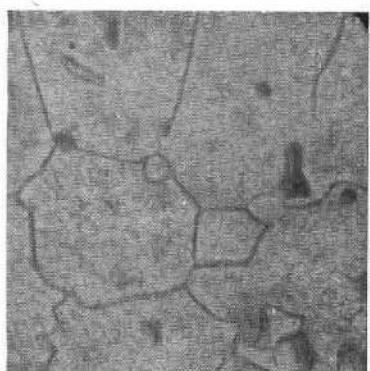
Фиг. 7. Pd — 60%, Ni — 2.5%,
Ag — 37.5%. $\times 100$



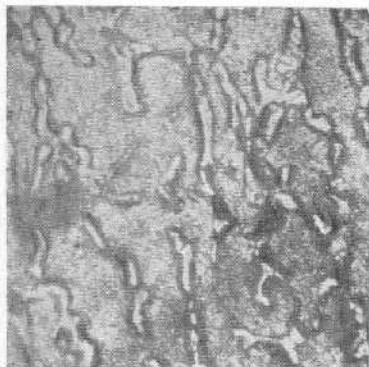
Фиг. 8. Pd — 60%, Ni — 5%,
Ag — 35%. $\times 300$



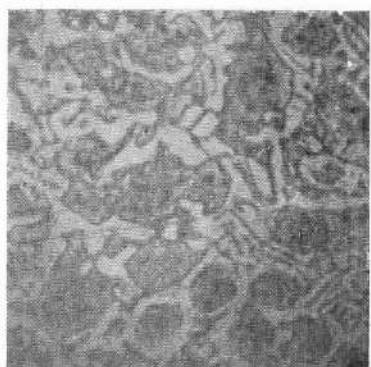
Фиг. 9. Pd — 60%, Ni — 10%,
Ag — 30%. $\times 300$



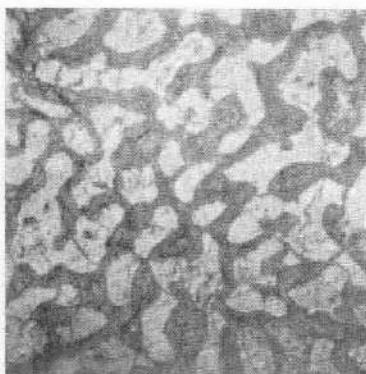
Фиг. 10. Pd — 50%, Ni — 1.5%,
Ag — 48.5%. $\times 100$



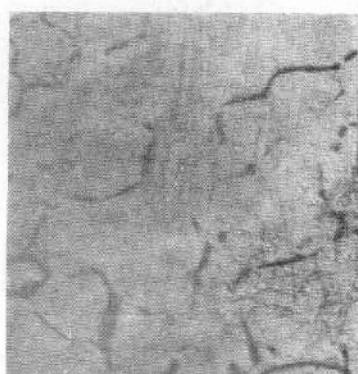
Фиг. 11. Pd — 50%, Ni — 2.5%,
Ag — 47.59%. $\times 100$



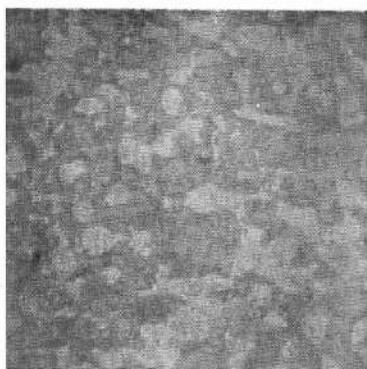
Фиг. 12. Pd — 50%, Ni — 10%,
Ag — 40%. $\times 600$



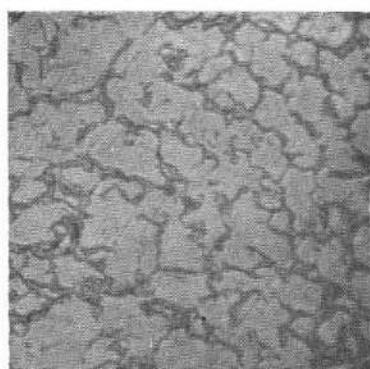
Фиг. 13. Pd — 50%, Ni — 20%,
Ag — 30%. $\times 600$



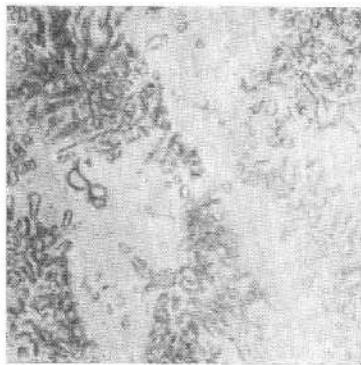
Фиг. 14. Pd — 40%, Ni — 1.5%,
Ag — 58.5%. $\times 200$



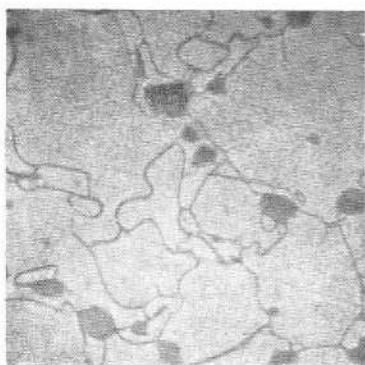
Фиг. 15. Pd — 40%, Ni — 2.5%,
Ag — 57.5%. \times 200



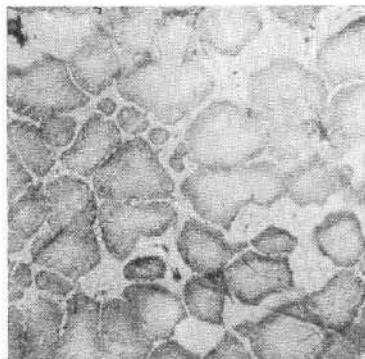
Фиг. 16. Pd — 30%, Ni — 2.5%,
Ag — 67.5%. \times 200



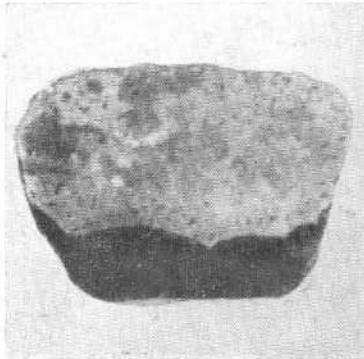
Фиг. 17. Pd — 30%, Ni — 5%,
Ag — 65%. \times 300



Фиг. 18. Pd — 30%, Ni — 60%,
Ag — 10%. \times 300



Фиг. 19. Pd — 20%, Ni — 2.5%,
Ag — 77.5%. \times 300



Фиг. 20. Pd — 10%, Ni — 45%,
Ag — 45%. \times 2

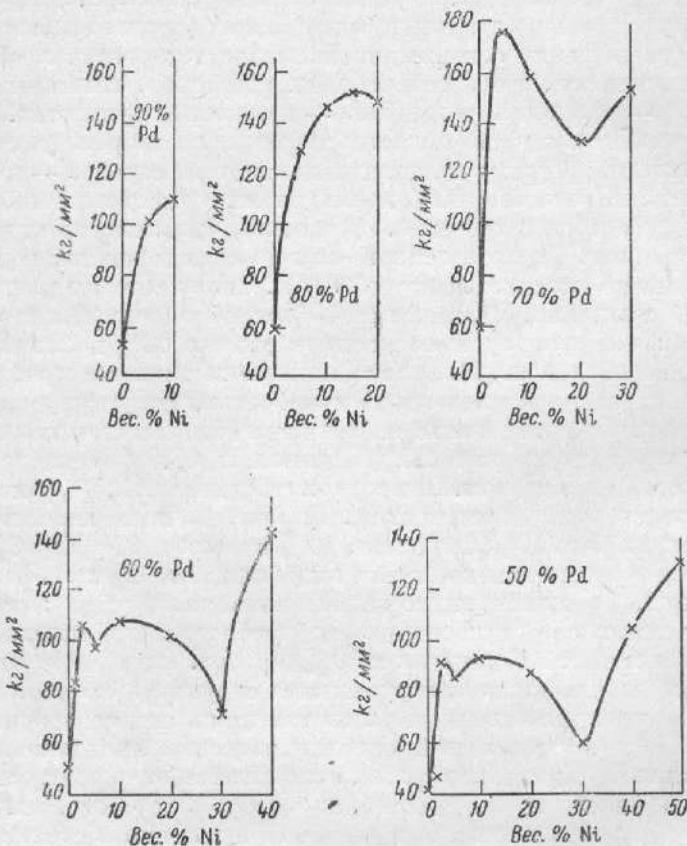
и 5% серебра. На микрофотографии видны крупные кристаллы твердого раствора. Разрез диаграммы с постоянным содержанием палладия 70% в средней своей части пересекает гетерогенную область диаграммы. Представленный на фиг. 4 сплав, содержащий 70% палладия, 5% никеля и 25% серебра, лежащий в левой части разреза (фиг. 1), является твердым раствором. Сплав из 70% палладия, 10% никеля и 20% серебра (фиг. 5), лежащий в средней части разреза, является явно гетерогенным, а сплав, состоящий из 70% палладия, 20% никеля и 10% серебра, лежащий в правой части разреза, имеет структуру однородного твердого раствора (фиг. 6).

По мере уменьшения содержания палладия гетерогенная область диаграммы расширяется, а области твердых растворов, лежащие около сторон серебро — палладий и никель — палладий, сужаются. Особенно резко происходит сужение области твердых растворов у стороны серебро — палладий; ширина ее, доходя до системы серебро — никель, сводится к нулю. В разрезе с 60% палладия сплав, содержащий 60% палладия, 37.5% серебра и только 2.5% никеля, уже лежит на границе твердого раствора (фиг. 7); в этом сплаве на границах зерен твердого раствора видны небольшие количества второй фазы. Сплав того же разреза, содержащий 60% палладия, 5% никеля и 35% серебра (фиг. 8), явно гетерогенный. Такую же структуру имеет и сплав состава 60% палладия, 10% никеля и 30% серебра (фиг. 9). Только при увеличении содержания никеля до 30% сплавы этого разреза вновь приобретают структуру твердых растворов. В разрезе диаграммы с постоянным содержанием палладия 50%, только сплав, содержащий 1.5% никеля и 48.5% серебра (фиг. 10), является твердым раствором. При содержании никеля 2.5% (фиг. 11) структура становится резко гетерогенной. На фиг. 12 представлена структура сплава, содержащего 50% палладия, 10% никеля и 40% серебра. Наряду с небольшим количеством первично выделившейся светлой фазы — твердого раствора, на шлифе видно значительное количество эвтектики. На фиг. 13 представлена микроструктура гетерогенного сплава, содержащего 50% палладия, 20% никеля и 30% серебра. В этом разрезе, при увеличении содержания никеля, гетерогенная структура сплавов заменяется гомогенной структурой твердых растворов лишь при содержании никеля 40%. Фиг. 14 и 15 относятся к сплавам разреза с постоянным содержанием палладия 40%; из них первый, являющийся твердым раствором, содержит 1.5% никеля и 58.5% серебра, а второй, гетерогенный, 2.5% никеля и 57.5% серебра. Представленный на фиг. 16 сплав состава 30% палладия, 2.5% никеля и 67.5% серебра — гетерогенный; сплав состава 30% палладия, 5% никеля и 65% серебра (фиг. 17) содержит значительное количество эвтектики; повидимому, эвтектическая линия, идущая от серебряного угла диаграммы, проходит вблизи состава этого сплава. Сплав состава 30% палладия, 60% никеля и 10% серебра (фиг. 18) является твердым раствором и лежит недалеко от границы гетерогенности в правой части разреза, вблизи стороны палладий — никель. На фиг. 19 представлен сплав состава 20% палладия, 2.5% никеля и 77.5% серебра. Структура его гетерогенная. На фиг. 20 представлен вертикальный разрез расплаивающегося сплава состава 10% палладия, 45% никеля и 45% серебра (увеличение $\times 2$). На снимке ясно видны два слоя.

Твердость

Твердость определялась по методу Бринелля при нагрузке 250 кг и диаметре шарика 10 мм. Перед измерением твердости все сплавы были подвергнуты отжигу при 950° в течение 72 час. Результаты испытаний приведены в таблице и для разрезов с постоянным содержанием палладия — на фиг. 21.

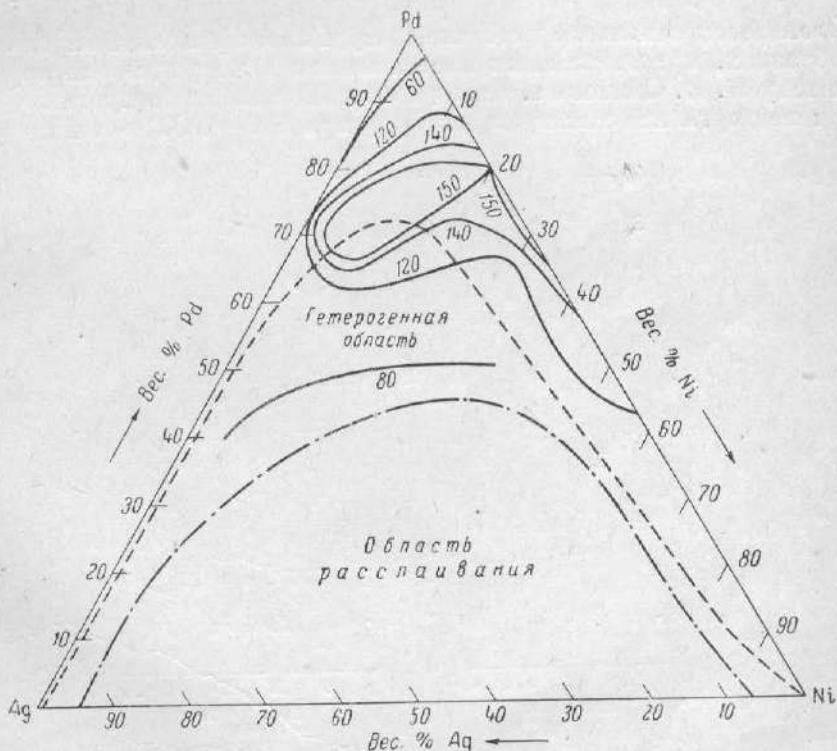
Значения твердости двойных сплавов взяты по литературным данным. Разрезы с постоянным содержанием палладия 90 и 80% лежат в гомогенной области твердых растворов (фиг. 21). Твердость в этих разрезах при увеличении содержания никеля плавно возрастает по кривым, выпуклым по отношению к оси абсцисс. Разрез с постоянным содержанием 70% палладия пересекает область твердых растворов, затем гетерогенную область и, наконец, опять область твердых растворов. Поэтому кривая твердости



Фиг. 21. Диаграммы твердости по Бринеллю разрезов с постоянным содержанием палладия

этого разреза состоит из трех ветвей. Первая ветвь идет от стороны серебро — палладий приблизительно до сплава, содержащего 5% никеля, т. е. в области твердого раствора, вторая ветвь резко опускается к составу 18—20% никеля и принадлежит гетерогенной области и, наконец, третья ветвь, поднимающаяся к палладиево-никелевой стороне, показывает изменение твердости в правой части гомогенной области (фиг. 21). В разрезе, содержащем 60% палладия, кривая твердости также возрастает в левой области твердых растворов, которая доходит до сплава, содержащего 2.5% никеля, затем понижается к сплаву с 5% никеля, после чего изменяется по кривой с пологим максимумом; эта кривая доходит, приблизительно, до содержания 30% никеля, после чего твердость быстро возрастает к палладиево-никелевой стороне. Такой сложный ход кривой твердости в этом разрезе становится вполне понятным, если сопоставить его с данными микроструктуры. Первая возрастающая ветвь кривой при-

надлежит левой области твердого раствора, понижение твердости от 2.5 к 5% никеля может быть объяснено прохождением кривой через дозвтектические сплавы гетерогенной области; ветвь кривой с пологим максимумом, лежащая между 5 и, приблизительно, 30% никеля, проходит через заэвтектическую часть гетерогенной области и, наконец, ветвь, поднимающаяся от 30% никеля к палладиево-никелевой стороне, проходит через правую область твердого раствора. Наличие эвтектической линии в тройной диаграмме вполне понятно, так как в системе серебро — никель эвтектическая точка, лежащая очень близко к серебру, в тройной системе переходит в эвтектическую линию, проходящую недалеко от левой границы гетерогенной области. То обстоятельство, что в тройной системе в гетерогенной области, пересекаемой эвтектической линией, твердость отдельных разрезов изменяется по кривым, пересекающимся в точке пересечения разрезом эвтектической линии, не является новым; оно вполне закономерно и наблюдалось очень отчетливо в системах палладий — никель — хром [13] и медь — никель — хром [14].



Фиг. 22. Линии одинаковой твердости в системе палладий — серебро — никель

В разрезе с 50% палладия форма кривой твердости напоминает форму кривой для разреза с 60% палладия, но минимум кривой разреза, отмечавший переход от гетерогенной области к богатому никелем твердому раствору, для разреза с 50% палладия не наблюдается. Острый минимум кривой у этого разреза лежит около 30% никеля, т. е. в том месте, где область расслаивания наиболее близко подходит к этому разрезу, а может быть, и касается его.

Кривые твердости для разрезов, содержащих 40% палладия и меньше, не приводятся, так как в этих разрезах область расслаивания занимает

значительную часть разрезов, а твердость расслаивающихся сплавов не определялась. Данные твердости для сплавов, лежащих близко к стороне серебро — палладий, приведены в таблице.

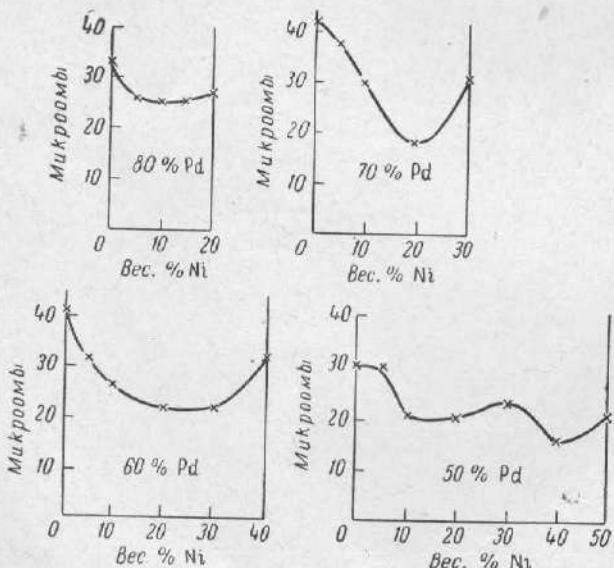
На фиг. 22 показаны линии одинаковой твердости (изосклеры) тройной системы, а также положение области расслаивания и гетерогенной области.

Для установления возможного эффекта старения у сплавов, лежащих около границы левой, бедной никелем области твердого раствора и гетерогенной области, произведена закалка сплавов, лежащих около этой границы.

Для этого сплавы разрезов с постоянным содержанием палладия 50, 40, 30 и 20% и малым содержанием никеля (до 2.5%) были подвергнуты закалке после часовой выдержки при 800 и 950°. Однако ни изменения структуры, ни изменения твердости при этом не наблюдалось. Отсюда можно сделать вывод, что граница твердого раствора с температурой изменяется очень мало.

Электросопротивление и его температурный коэффициент

Электросопротивление и его температурный коэффициент определялись на образцах, приготовленных насасыванием в корундизовые трубочки, по методу Н. И. Степанова. Перед измерением электросопротивления образцы подвергались отжигу в вакууме при 950—1000° в течение 8 час.



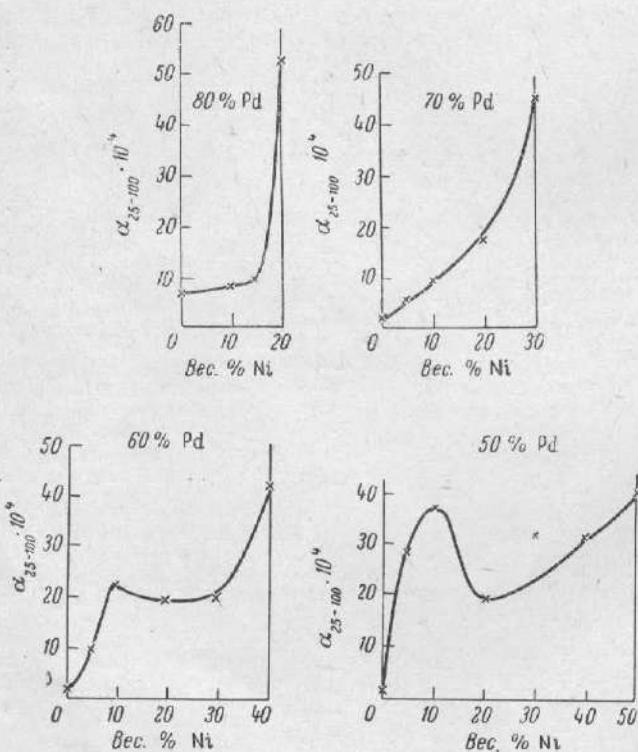
Фиг. 23. Диаграммы электросопротивления разрезов с постоянным содержанием палладия

Электросопротивление измерялось при 25 и 100° при помощи моста Томсона. Результаты измерения электросопротивления и значения его температурного коэффициента приведены в таблице и на диаграммах фиг. 23 и 24. Электросопротивление в разрезах с большим содержанием палладия в гомогенной области тройной системы изменяется по плавным кривым с пологим минимумом (разрез с 80% палладия, фиг. 23). В разрезе с 70% палладия кривая электросопротивления не отмечает перехода от левой части гомогенной области к гетерогенной, электросопротивление по мере прибавления никеля плавно понижается.

Свойства сплавов палладий — серебро — никель

Состав сплавов (в вес. %)			Температура (в °C)		Твердость по Бринеллю (BHN/мм²)	Удельное электросопротивление (в микроомах)		Температурный коэффициент электросопротивления $\alpha_{25-100} \cdot 10^4$
Pd	Ni	Ag	начала кристаллизации	конца кристаллизации		при 25°	при 100°	
90	5	5	1508	—	102	—	—	—
80	5	15	1439	—	129.9	25.34	—	—
80	10	10	1336	—	146.6	25.6	27.16	8.3
80	15	5	1370	—	152.6	25.33	27.16	9.94
70	5	25	1341	—	176	37.83	39.56	6.19
70	10	20	1322	—	159.2	29.72	31.94	10.20
70	20	10	1267	—	133.5	18.13	20.54	18.56
60	1.5	38.5	—	—	83.8	—	—	—
60	2.5	37.5	—	—	107.1	—	—	—
60	5	35	1247	—	98	31.09	33.29	9.66
60	10	30	1154	1116	109.1	26.7	30.93	22.31
60	20	20	1166	1133	103	21.12	24.06	19.47
60	30	10	1192	1141	71	21.82	24.9	19.76
50	1.5	48.5	—	—	46.6	—	—	—
50	2.5	47.5	—	—	90.9	—	—	—
50	5	45	1187	—	87.4	30.85	37.21	29.63
50	10	40	1185	—	92.7	20.33	25.18	37.56
50	20	30	1155	—	88.6	20.83	23.76	19.68
50	30	20	1189	—	59.4	23.73	29.09	32.48
50	40	10	1165	—	105.3	15.85	19.4	32.22
40	1.5	58.5	—	—	92.2	—	—	—
40	2.5	57.5	—	—	84	—	—	—
40	5	55	1187	—	78.8	20.52	22.39	12.73
40	10	50	1089	—	62.1	17.22	18.88	12.98
40	20	40	1102	—	Расслаивание в жидкоком состоянии			
40	30	30	1083	—	96.4	—	—	—
40	40	20	1156	—		—	—	—
40	50	10	—	—	56.8	—	—	—
30	1.5	68.5	—	—	40.9	—	—	—
30	2.5	67.5	—	—	54.4	26.73	28.0	6.38
30	5	65	1133	—	Расслаивание в жидкоком состоянии			
30	10	60	1167	1112	1074	—	—	—
30	20	50	1192	1100		—	—	—
30	30	40	1208	—	Расслаивание в жидкоком состоянии			
30	40	30	1230	1082	1120	—	—	—
30	50	20	1226	—		—	—	—
30	60	10	1255	1138	Расслаивание в жидкоком состоянии			
20	1.5	78.5	—	—	63.5	—	—	—
20	2.5	77.5	—	—	36.3	—	—	—
20	5	75	1124	—	Расслаивание в жидкоком состоянии			
20	10	70	1259	1091	1074	—	—	—
20	20	60	1288	1100		—	—	—
20	30	50	1305	1091	Расслаивание в жидкоком состоянии			
20	40	40	1293	1057	1074	—	—	—
20	50	30	1339	—		—	—	—
20	60	20	1347	1104	Расслаивание в жидкоком состоянии			
20	70	10	1351	1074	50.4	46.14	49.12	8.80
10	1	89	—	—	54.2	—	—	—
10	85	5	—	—	71.4	—	—	—

В области около 20% никеля, при переходе от гетерогенной области к правой части гомогенной, наблюдается пересечение двух ветвей, причем правая ветвь, принадлежащая гомогенным сплавам, поднимается к палладиево-никелевой стороне. В разрезе с 60% палладия электросопротивление изменяется по кривой с пологим минимумом. В разрезе с постоянным содержанием палладия 50% электросопротивление изменяется по сложной кривой. При увеличении содержания никеля электросопротивление сначала изменяется незначительно, затем резко понижается к содержанию никеля 10%, после чего изменяется по кривой с пологим максимумом, пересекающейся на границе гетерогенной области, при содержании никеля 40%, с ветвью, принадлежащей правой области твердых растворов. Данные электросопротивления исследованных сплавов остальных разрезов с содержанием 40% и меньше палладия приведены в таблице. Исследованы только сплавы, не испытывающие расслаивания. Вследствие наличия в этих разрезах значительных областей расслаивания диаграммы изменения электросопротивления для этих разрезов не приводятся.



Фиг. 24. Диаграммы температурного коэффициента электросопротивления разрезов с постоянным содержанием палладия

Результаты вычисления температурного коэффициента электросопротивления приведены в таблице и на фиг. 24. В сплавах разреза с постоянным содержанием палладия 80% температурный коэффициент электросопротивления сначала медленно, а потом резко возрастает к палладиево-никелевой стороне. У сплавов разреза с 70% палладия температурный коэффициент электросопротивления возрастает от палладиево-серебряной стороны к палладиево-никелевой более плавно. Наличие в

разрезе некоторого гетерогенного участка на форме кривой не сказывается. В разрезах с 60 и 50% палладия наблюдается по две ветви кривых, пересекающихся в максимумах при содержании около 10% никеля, повидимому, вблизи пересечения этими разрезами эвтектической линии. Диаграммы изменения температурного коэффициента электросопротивления для остальных разрезов диаграммы не приводятся, так как вследствие наличия расслаивания в этих разрезах исследована только часть сплавов.

ВЫВОДЫ

Система палладий — серебро — никель исследована методами термического анализа, микроструктуры, твердости по Бринеллю, электросопротивления и его температурного коэффициента. В результате исследования установлены фазовые области в тройной системе. Область тройного твердого раствора занимает сравнительно небольшую часть концентрационного треугольника, простираясь от палладиевого угла сплошным участком приблизительно до 75% палладия и узкими, постепенно суживающимися полосами около палладиево-серебряной и палладиево-никелевой сторон треугольника. Расслаивание в жидком состоянии в системе серебро — никель распространяется довольно широко в область тройной системы, постепенно сужаясь и доходя в центре диаграммы приблизительно до разреза с постоянным содержанием палладия 45%.

Междудо областю твердых растворов и областью расслаивания лежит гетерогенная область. Подробное исследование сплавов, лежащих около стороны палладий — серебро, показало, что граница твердых растворов, исходя, практически, из серебряного угла, медленно расширяется и проходит при содержании 30—60% палладия через сплавы с 1.5—2% никеля, при 70% палладия — через сплавы с 5.5—6% никеля. У стороны палладий — никель область твердого раствора несколько шире. Исходя от стороны серебро — никель при содержании 3—4% серебра, она по мере прибавления палладия расширяется и доходит при 70% палладия до 14—15% серебра.

Поступило в редакцию
24 января 1949 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Ru e r. Z. f. anorg. Chem. **51**, 315 (1906).
2. W. Geibel. Z. f. anorg. Chem. **70**, 1028 (1911).
3. F. Krüger u. A. Sacklowsky. Ann. d. Physik **78**, 72 (1925).
4. Е. Я. Роде. Изв. Сектора платины, вып. 13, 167 (1936).
5. В. А. Немилов, А. А. Рудницкий и Т. А. Видусова. Изв. Сектора платины, вып. 20, 225 (1947).
6. F. Heinrich. Z. f. anorg. Chem. **83**, 322 (1913).
7. W. Fraenckel u. A. Stern. Z. f. anorg. u. allg. Chem. **166**, 164 (1927).
8. K. Hultgren u. C. Zappfe. Trans. Amer. Soc. Min. Met. Eng. Inst. Met. Div. **133**, 58 (1939).
9. А. Т. Григорьев. Изв. Ин-та платины, вып. 9, 13 (1932).
10. G. I. Petrenko. Z. f. anorg. Chem. **53**, 212 (1907).
11. G. Tammann u. W. Oelsen. Z. f. anorg. u. allg. Chem. **186**, 257 (1930).
12. W. Gaertler u. A. Bergmann. Z. f. Metallkunde **25**, 56 (1933).
13. В. А. Немилов, Т. А. Видусова и В. К. Никитина. Изв. Сектора платины, вып. 22, 175 (1948).
14. В. А. Немилов и Т. А. Струнина. Вестник Моск. ун-та, № 4, 73 (1948).