

П. ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ ПЛАТИНЫ С ИРИДИЕМ, ПРОИЗВОДСТВА  
ЗАГРАНИЧНЫХ ФИРМ

Исследованию были подвергнуты сплавы приведенные в табл. 1.

Таблица 1

№ образца	Фирма, изготовившая образцы	Форма образца. Толщина в мм	Состав			
			По данным фирмы		По анализу Платинового института	
			Pt	Ir	Pt	Ir
1		Пластинка толщ. 4.04	98	2	97.90	1.78
2	Gold und Silber Scheideanstalt A. G.	Пластинка толщ. 0.97	95	5	94.59	5.06
3		Пластинка толщ. 1.1	90	10	89.81	10.08
17	Образцы, доставленные 21 X 1927	Проволока диам. 1.64	90	10	89.80	10.00
19		Пластинка толщ. 0.50	90	10	90.18	9.80
4	Gold und Silber Scheideanstalt A. G.	Пластинка толщ. 1.04	85	15	84.54	15.30
5		Пластинка толщ. 1.02	80	20	79.46	20.34
18	Образцы, доставленные 21 X 1927	Проволока диам. 1.64	75	25	74.81	25.00
6	Gold und Silber Scheideanstalt A. G.	Пластинка толщ. 1.05	75	25	75.00	24.85
20	Образцы, доставленные 21 X 1927	Пластинка толщ. 0.5	75	25	74.91	24.93

У образцов были определены следующие свойства: 1) твердость по Бринеллю в том виде, как они поступили для исследования и после отжига их при 1000° в течении 36 часов; 2) электросопротивление образцов и температурный коэффициент электросопротивления в интервале температур 25—100° до и после отжига; 3) механические испытания, определение временного сопротивления разрыву, относительного удлинения и сопротивляемости изгибуанию у обеих проволок (№№ 17 и 18) и у пластинки № 5 до отжига и после отжига; 4) удельные веса пластинок.

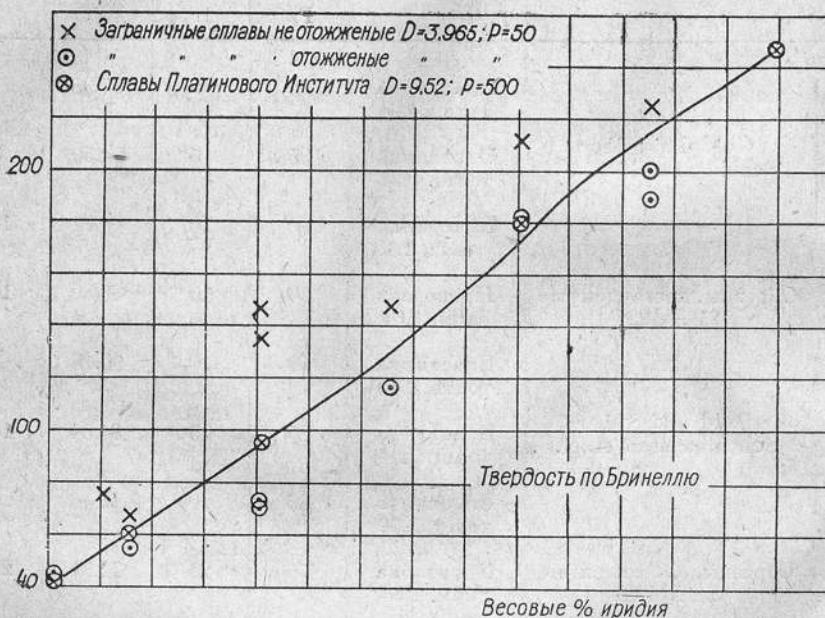
## 1. ТВЕРДОСТЬ ПО БРИНЕЛЛЮ

Получение отпечатков производилось на прессе А. Г. Гагарина, твердость вычислялась по формуле:

$$H = \frac{P}{S} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

где  $P$  — нагрузка в килограммах,  $S$  — поверхность вдавленного сегмента,  $D$  — диаметр шарика в миллиметрах,  $d$  — диаметр отпечатка в миллиметрах.

Применение метода Бринелля к изучению твердости металлических сплавов, являясь в высшей степени чувствительным методом, требует



Фиг. 1.

однако, чтобы толщина образца была не менее 4—5 мм, так как при меньшей толщине влияние нагрузки на шарик распространяется не только на верхний слой образца, а проникает на всю его толщину и таким образом несколько искажает цифры действительной твердости испытуемого сплава.

Определение твердости было произведено шариком диаметром 9.52 мм при нагрузке в 100 кг и шариком диаметром 3.965 мм при нагрузке в 100 и 50 кг.

Наиболее близкими к действительности являются числа твердости при диаметре шарика 3.965 мм и нагрузке в 50 кг, так как при этих условиях влияние малой толщины образцов меньше оказывается.

Данные твердости приведены в табл. 2 и 3. Для сравнения приведены числа твердости, полученные для сплавов платины с иридием, приготовленных и изученных в Платиновом институте (табл. 4 и фиг. 1).

Таблица 2  
Неотожженные образцы

№ образца	Содержание иридия в %	Твердость по Бринеллю					
		При диаметре шарика $D = 9.52$		При диаметре шарика $D = 3.965$			Нагрузка $P = 50$ кг
		Нагрузка $P = 200$ кг	Нагрузка $P = 100$ кг	Нагрузка $P = 200$ кг	Нагрузка $P = 100$ кг	Нагрузка $P = 50$ кг	
1	1.78	88.28	77.75	82.06	82.18	76.09	
2	5.06	66.94	68.79	75.81	71.17	67.57	
3	10.08	129.23	128.1	121.27	117.11	134.47	
19	9.80	144.3	132.16	—	133.69	145.94	
4	15.80	155.46	153.73	156.49	160.56	148.39	
5	20.84	204.19	219.97	187.02	169.01	212.38	
6	24.85	244.06	247.67	207.81	224.25	237.51	
20	24.93	236.71	235.46	198.22	220.85	227.92	

Таблица 3  
Отожженные при 1000° образцы

№ образца	Содержание иридия в %	Твердость по Бринеллю			
		$D = 9.52$ мм		$D = 3.965$	
		$P = 100$ кг	$P = 100$ кг	$P = 100$ кг	$P = 50$ кг
1	1.78	88.21	46.56	—	44.52
2	5.06	57.05	68.91	—	54.02
3	10.08	87.3	89.50	—	73.05
19	9.80	91.27	104.67	—	72.52
4	15.80	138.43	126.68	—	118.76
5	20.84	160.36	196.29	—	185.84
6	24.85	192.80	195.09	—	201.2
20	24.93	180.73	204.54	—	190.69

Таблица 4

Твердость сплавов, приготовленных в Платиновом институте, отожженных при  $1100^{\circ}$   
(толщина сплавов в 4—5 мм)

Содержание иридия в %	Твердость по Бринеллю при $D = 9.52$ мм, $P = 500$ кг
2	43.91
5	61.64
10	94.67
20	182.71
30	244.05

Числа твердости образцов при  $D = 3.965$ ,  $P = 50$  кг показаны на фиг. 1, где знаком  $\times$  показана твердость образцов до отжига, знаком : твердость после отжига. Для сравнения сплошной линией нанесена диаграмма твердости отожженных сплавов, приготовленных в Платиновом институте. Числа твердости образцов до отжига и после, с несомненностью указывают на то, что пластинки (ленты) поступают в продажу с германских заводов в наклепанном виде, т. е. по изготовлению никакой термической обработке (отжигу) не подвергаются. Особенно сильно сказывается наклеп на сплаве с 2% Ir, твердость его вследствие отжига падает с 76 на 44 кг на кв. мм.

Свойство сильно воспринимать наклеп, как известно свойственно чистым металлам с малым содержанием примесей; чем больше содержание примесей, тем слабее оказываются последствия механической обработки. Линия твердости сплавов, приготовленных в Платиновом институте не вполне совпадает с точками отожженных образцов; это обстоятельство объясняется тем, что твердость сплавов определялась при нагрузке в 500 кг и диам. шарика 9.52 мм, а главным образом тем, что толщина сплавов приготовленных в Платиновом институте была нормальной (4—5 мм).

## 2. ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ

Электросопротивление и температурный коэффициент его определялись для образцов в исходном состоянии и после отжига при  $1000^{\circ}$  в течение 36 часов. Вследствие малой длины образца № 1 (2% Ir) из него была приготовлена проволока диам. 1.49 мм, при чем было произведено определение электросопротивления и температурного коэффициента непосредственно после прокатки и протяжки и вторично после отжига. Образцы №№ 17 и 18 (проводки диам. 1.64 мм с сод. Ir 10 и 25%) сами по себе являлись удобными для измерения электросопротивления образ-

цами; из отдельных образцов были выпилены пластинки, шириной около 5 мм, длиной в длину образца.

Измерения производились при помощи двойного моста Томсона с зеркальным гальванометром. Определялось электросопротивление при 25 и 100°. Температурный коэффициент электросопротивления  $\alpha$  вычислялся по формуле:

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

где  $\rho$  удельное электросопротивление при соответствующих температурах. Результаты испытаний сведены в табл. 5. Для сравнения, в табл. 6 приведены данные для проволок, протянутых из приготовленных в Платиновом институте сплавов.

Таблица 5  
Заграничные образцы

№ образца	Содержание в %	Форма испыт. образца	До отжига			После отжига		
			$\rho_{25}$	$\rho_{100}$	$\alpha_{25-100}$	$\rho_{25}$	$\rho_{100}$	$\alpha_{25-100}$
1	1.78	Проволока из пластин	15.63	18.47	0.002576	15.25	18.01	0.002567
2	5.06	Пластинка	20.42	22.99	0.001749	20.41	22.99	0.001769
3	10.08	"	28.09	30.48	0.001165	37.00	29.54	0.001295
17	10.00	Проволока	25.19	27.55	0.001287	24.49	26.87	0.001337
19	9.80	Пластинка	25.31	27.51	0.001196	24.31	26.61	0.001303
4	15.30	"	30.62	32.88	0.001002	29.09	31.20	0.0009936
5	20.34	"	38.15	64.93	0.000732	81.79	33.52	0.0007372
6	24.85	"	35.35	37.54	0.0008414	33.73	35.43	0.0006847
18	25.00	Проволока	34.24	55.98	0.0006876	32.04	33.86	0.0007730
20	24.93	Пластинка	32.95	34.61	0.000685	32.82	34.00	0.0007079

Величины табл. 5 и 6 для сплавов одинакового состава являются сходными, особенно близки величины температурного коэффициента. Что касается величин электросопротивления образцов, приготовленных в виде пластинок, то эти величины нельзя считать достаточно точными, вследствие трудности приготовить пластинку строго одинаковой ширины по всей длине. На определение величины температурного коэффициента,

Таблица 6

Сплавы, приготовленные в Платиновом институте, отожженные при 1100° (проволоки)

Содержание Ir в %	$\rho_{25}$	$\rho_{100}$	$\alpha_{25-100}$
2	15.29	18.07	0.002586
5	22.82	24.93	0.001623
10	24.41	26.76	0.001327
20	30.35	32.36	0.0009025

форма образца влияния не оказывает (при вычислении  $\alpha$ , величины длины и сечения, в числителе и знаменателе сокращаются). Снятие наклела путем отжига на величинах электросопротивления и температурного коэффициента оказывается, после отжига электросопротивление падает, температурный коэффициент увеличивается, как это и наблюдается обычно у металлических сплавов, представляющих собою твердые растворы компонентов.

### 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Определение временного сопротивления разрыву и относительного удлинения являются испытаниями наиболее хорошо характеризующими степень механической обработки в холодном состоянии (прокатки, протяжки) и качество материала проволок и тонкого листового материала.

К сожалению, размеры присланных образцов пластин, были слишком малы для определения этих свойств с достаточной степенью точности и для взятия надлежащего количества проб того же образца. Исследованы были обе проволоки образцов №№ 17 и 18 (сод. Ir — 10 и 25%) и образец № 6 (25% Ir) — пластинка, при чем у них было определено временное сопротивление разрыву, относительное удлинение в числе перегибов на 90°. Результаты испытаний сведены в табл. 7.

Определение сопротивления разрыву производилось на разрывной машине фирмы L. Schopper. Определение числа перегибов производилось вжимая образец в тиски, в плашке с определенным радиусом закругления и изгиная его в ту и другую сторону. Сравнивая результаты испытаний обеих проволок до отжига и после, можно утверждать, что температура отжига в 1000° не является достаточной для получения полного отжига, так как хотя временное сопротивление разрыву после отжига становится меньше, но на очень незначительную величину, удлинение также или не изменяется, или изменяется очень мало. Что касается пластинки № 6 (25% Ir), то некоторое увеличение сопротивления разрыву объясняется исключительно случайностью, повидимому в неотожженом образце была

Таблица 7

№ образца	Содержание иридия в %	Форма образца	Временное сопротивление разрыву в кг/мм	Относительное удлинение в %	П е р е г и б ы	
					Радиус закругления плашек в мм	Число перегибов
Н е о т о ж ж е н ы е о б р а з ц ы						
17	10	Проволока	55.8	8.3	6	88.42
18	25	"	100.0	1.3	6	18.20
6	24.85	Пластинка	90.5	5.5	2	5.0
О т о ж ж е н ы е о б р а з ц ы						
17	10	Проволока	50.7	3.0	6	88.40
18	25	"	97.2	4.0	6	8.9
6	24.85	Пластинка	110.4	10.3	2	1.5-2

случайная внутренняя раковина, вызвавшая понижение сопротивления разрыву.

Испытание образцов проволоки, приготовленных в Платиновом институте, дало для отожженых при 1100° проволок следующие результаты: при сод. иридия 10% — сопротивл. разрыву 32.2 кг на кв. мм, удлинение 12%, при сод. иридия 20% сопротивл. разрыву 61.3%, каковые цифры значительно отличаются от приведенных в табл. 7 данных для отожженых образцов. Это указывает на недостаточность температуры отжига в 1000° и необходимость температуры не ниже 1100°. К сожалению, проверить это не представилось возможным, вследствие малых размеров присланных образцов.

#### 4. УДЕЛЬНЫЕ ВЕСА

Удельный вес, являясь одним из характерных свойств сплавов определенного состава, тем, не менее не может служить для определения влияния механической обработки и степени отжига. Поэтому было произведено определение удельного веса всех пластинок в исходном состоянии, после отжига был определен удельный вес лишь для 4 пластинок. Удельный вес  $\Delta$  вычислялся по формуле:

$$\Delta = \frac{a \cdot gt [1 + \beta(t - 4)]}{a - b},$$

где  $a$  — вес образца в воздухе,  $b$  — вес его в воде,  $gt$  — удельный вес воды при температуре измерения  $t$ ,  $\beta$  — объемный коэффициент расширения. Результаты приведены в табл. 8.

Таблица 8

№ образца	Содержание Ir в %	Удельный вес до отжига	Удельный вес после отжига
1	1.78	21.409	21.440
2	5.06	21.440	21.557
3	10.08	21.571	21.616
19	9.80	21.410	21.783
4	15.30	21.621	
5	20.34	21.618	
6	24.85	21.666	
20	24.98	21.789	

Сравнивая результаты всех вышеприведенных исследований физических свойств сплавов, можно утверждать, что образцы пластин и проволок, приготовленных заграницей сплавов платины с иридием, были выпущены в продажу в том виде, в каком они вышли из последней операции механической обработки. Возможно, что фирмы, изготавлиющие из этих полупродуктов предметы лабораторного оборудования или ювелирные изделия, сами по мере надобности производят отжиг в нужной степени. Исследование системы платины с иридием, произведенное в Платиновом институте показало, что при сплавлении эти металлы во всех пропорциях дают непрерывный ряд твердых растворов. Тем не менее, вследствие сильного увеличения твердости по мере прибавления иридия к платине, прокатка в холодном состоянии сплавов с содержанием иридия 20% становится затруднительной, при содержании 25% уже невозможной. Повидимому пластинки и проволоки с содержанием 25% иридия, изготовленные на германских заводах были прокатаны в горячем состоянии.

### III. ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ ПЛАТИНЫ С МЕДЬЮ, ПАЛЛАДИЕМ И ДРУГИМИ МЕТАЛЛАМИ ИНОСТРАННЫХ ФИРМ

Для исследования физико-химических свойств получена платиновая проволока с 10% Ir диаметром 0.5 мм для термопар и 10 образцов различных платиновых сплавов в форме пластины толщиной от 2.5 до 4 мм.

В табл. 1 приведен состав их по указаниям фирм, действительный состав по анализам и назначение сплавов.