

В. А. НЕМИЛОВ, Т. А. ВИДУСОВА и В. К. НИКИТИНА

ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВОВ ПАЛЛАДИЙ — СЕРЕБРО — ЗОЛОТО ПУТЕМ ДОБАВКИ ЧЕТВЕРТОГО КОМПОНЕНТА

Сплавы тройной системы палладий — серебро — золото, как показало исследование В. А. Немилова, А. А. Рудницкого и Т. А. Видусовой [1], образуют непрерывную область твердых растворов, причем в этих сплавах максимальная величина твердости по Бринеллю достигает 60 кг/мм², а временное сопротивление разрыву 37 кг на кв. мм. Увеличение твердости и сопротивления разрыву в сплавах этой системы путем термической обработки невозможно, так как никаких превращений в твердом состоянии в сплавах не наблюдается.

Единственным методом увеличения прочности сплавов палладий — серебро — золото является добавка четвертого компонента, обладающего ограниченной растворимостью в основных компонентах тройных сплавов и могущего создать возможность процессов старения. А. Еделе [2] установил возможность появления старения в некоторых сплавах палладия с серебром и золотом (до 20%) при прибавлении кобальта и никеля.

Целью настоящего исследования явилось изучение процессов старения в сплавах, с возможно большим содержанием палладия, как наиболее коррозионно устойчивых, с содержанием золота 10 и 20% и добавками кобальта от 2 до 6%.

Кобальт в серебре, по данным Г. И. Петренко [3] и Г. Тамманна и В. Ольсена [4], практически совершенно не растворим. Кобальт с золотом, по данным В. Валя [5], образует эвтектическую смесь ограниченных твердых растворов кобальта в золоте и золота в кобальте. Точного определения границ твердых растворов системы произведено не было. Ориентировочно, при эвтектической температуре, золото растворяет 6% кобальта, а кобальт — около 8% золота; с понижением температуры растворимость падает.

По данным Г. Грубе и Н. Кестнера [6], кобальт с палладием образуют непрерывный ряд твердых растворов. Таким образом, процессы старения сплавов палладий — серебро — золото при добавке кобальта могут вызываться только вследствие изменения растворимости кобальта в золоте при понижении температуры.

Исследованию были подвергнуты сплавы с содержанием палладия 70, 60, 55 и 40%; золота — 10 и 20%; кобальта — 2,4 и 6%, остальное — серебро.

Материалами для приготовления сплавов служили губчатые палладий и золото с содержанием примесей до 0.01%, серебро с содержанием 99.99% Ag и чистый кобальт фирмы Кальбаум.

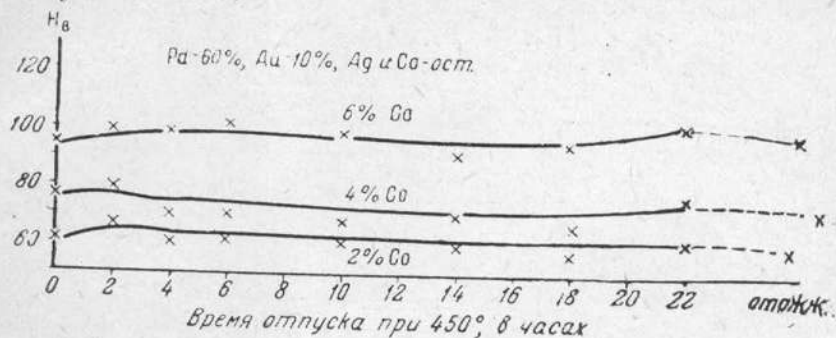
Приготовление сплавов производилось в печи высокой частоты. Сплавленным королькам придавалась форма брусков квадратного сечения,

путемковки или обжатия на прессе, с промежуточными операциями закалилки для снятия механического наклепа.

Изучение процесса старения сплавов производилось путем измерения твердости по Бринеллю в различных стадиях термической обработки.

У сплавов с содержанием палладия 40%, показавших наибольшее увеличение твердости после старения, были исследованы также временное сопротивление разрыву и удлинение.

Исследование микроструктуры сплавов интересных данных не дало, так как выделение второй фазы в процессе старения происходит в столь мелкодисперсной форме, что при микроскопическом исследовании отчетливо не улавливается.



Фиг. 1. Изменение твердости сплавов с 60% Pd и 10% Au при старении.

Исходным состоянием всех исследованных сплавов являлось состояние закаленное, для чего все сплавы закалывались, после выдержки при температуре 1150° в течение суток, в холодную воду. Старение сплавов производилось при температуре 450° в течение от 2 до 19—22 часов. Для всех сплавов также была определена твердость после отжига при 1150° в течение суток, с последующим медленным охлаждением до 600° в течение 6 суток.

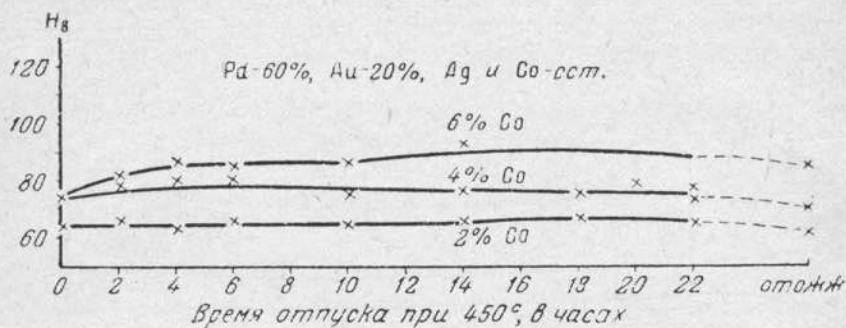
Определение твердости по Бринеллю производилось при нагрузке в 250 кг и диаметре шарика 10 мм. Результаты испытания твердости для сплавов различного состава в различных стадиях термической обработки приведены в табл. 1—3 и на диаграммах фиг. 1—5.

Таблица 1

Состав в весовых %				Твердость в кг/мм			Отожженные
Pd	Au	Ag	Co	закаленные	старение при 450°		
					2 час.	19 час.	
70	0	28	2	70.0	60.5	—	62.0
70	0	26	4	85.5	84.0	—	71.0
70	0	24	5	88.0	95.5	111.0	87.0
70	5	23	2	73.0	66.0	—	69.5
70	5	21	4	94.0	75.0	94.5	72.5
70	10	18	2	66.0	74.5	—	61.0
70	10	16	4	90.0	77.0	—	68.0
70	10	14	6	100.0	99.5	90.5	87.0
70	20	8	2	72.0	60.0	—	58.0
70	20	6	4	71.5	70.0	—	62.5
70	20	4	6	76.0	66.5	72.5	69.0

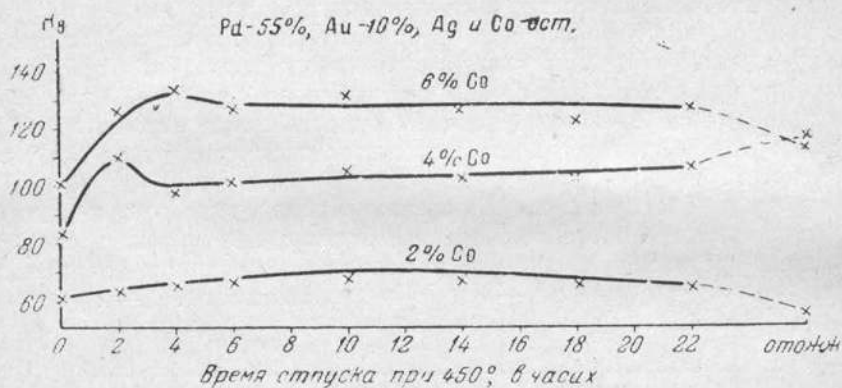
Рассмотрение данных, относящихся к сплавам с содержанием 70% палладия (табл. 1), показывает, что явление старения в этих сплавах не наблюдается, в большинстве сплавов после отпуска при 450° происходит даже уменьшение твердости по сравнению с закаленным состоянием.

Отсутствие явления старения в этих сплавах объясняется, повидимому, тем, что прибавляемый кобальт, вследствие наличия в сплаве большого количества палладия, растворяется полностью и при отпуске не выделяется.



Фиг. 2. Изменение твердости сплавов с 60% Pd и 20% Au при старении.

В сплавах с 60% палладия (табл. 2 и фиг. 1 и 2), явления старения также почти не наблюдается, из-за полного растворения кобальта в богатых палладием сплавах.



Фиг. 3. Изменение твердости сплавов с 55% Pd и 10% Au при старении.

В сплавах, содержащих 55% палладия, наблюдается резкое повышение твердости после отпуска при 450° , при добавке 6% кобальта как к сплавам с 10% золота, так и с 20% золота (табл. 2, фиг. 3 и 4); при 4% кобальта эффект меньше, при 2% кобальта — почти незаметен.

К сплавам с 55% палладия был применен также отпуск при 350° (табл. 3), однако эффекта старения не получилось, температура недостаточна для начала процесса старения.

Наиболее сильное увеличение твердости при отпуске наблюдалось в сплавах с 40% палладия (табл. 2 и фиг. 5 и 6). Так, сплав состава 40% палладия, 10% золота, 40% серебра и 4% кобальта после отпуска при 450° , в течение 2 часов, повышает свою твердость с 60 до 103 кг на кв. мм, т. е. на 71,5% исходной. Приблизительно такое же увеличение твер-

Таблица 2

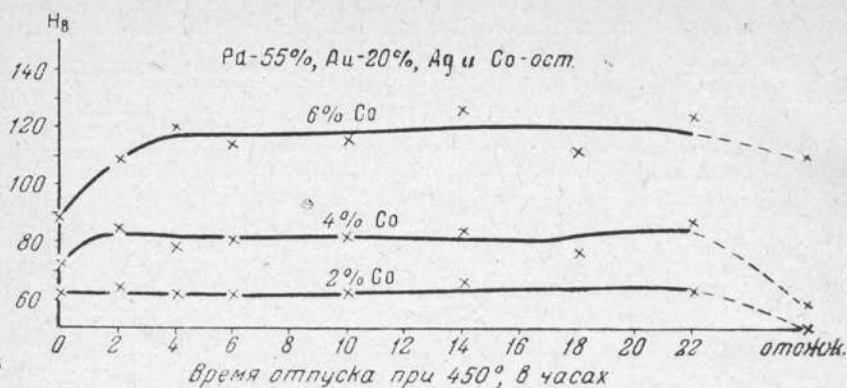
Состав в весовых %				Твердость H_v , в кг/мм ²									
Pb	Au	Ag	Co	закаленные	старение при 450°								отожженные
					2 час.	4 час.	6 час.	8 час.	10 час.	14 час.	18 час.	22 час.	
60	10	28	2	62.5	68.5	62.0	63.0	—	61.5	60.0	57.5	62.5	59.5
60	10	26	4	78.0	81.0	70.5	71.5	—	68.5	72.0	67.5	78.5	73.0
60	10	24	6	97.0	101.0	100.5	102.5	—	99.5	92.0	96.5	104.0	99.5
60	20	18	2	65.5	66.0	63.5	66.0	—	65.0	65.0	67.0	64.0	62.0
60	20	16	4	75.0	79.5	80.5	81.0	—	75.0	76.0	75.5	73.0	70.0
60	20	14	6	75.5	81.5	87.5	84.5	—	87.0	93.0	80.0	77.0	86.0
55	10	33	2	62.5	64.0	66.0	66.0	—	67.0	67.0	65.0	64.0	54.0
55	10	31	4	84.5	110.0	98.0	102.0	—	105.0	101.5	102.0	105.0	116.0
55	10	29	6	102.5	127.5	134.5	127.0	—	131.0	127.5	122.0	126.0	141.0
55	20	23	2	62.5	64.5	62.0	62.0	—	62.5	66.0	62.5	63.0	48.0
55	20	21	4	72.0	84.5	78.0	81.5	—	82.5	84.5	77.0	88.0	59.5
55	20	19	6	89.0	109.5	120.0	114.5	—	116.0	127.0	112.5	125.0	111.5
40	10	48	2	42.0	57.0	53.0	60.0	57.0	60.5	59.5	—	—	53.5
40	10	46	4	60.5	103.0	100.0	100.0	102.0	102.0	103.5	—	—	86.0
40	10	44	6	59.5	88.0	102.0	102.0	101.0	105.0	93.0	—	—	79.5
40	20	38	2	57.5	72.5	66.5	75.0	75.0	77.5	73.0	—	—	66.0
40	20	36	4	65.0	103.0	108.0	109.0	108.0	114.0	108.0	—	—	79.5
40	20	34	6	82.0	122.5	120.0	117.0	125.0	115.0	121.0	—	—	78.0

Таблица 3

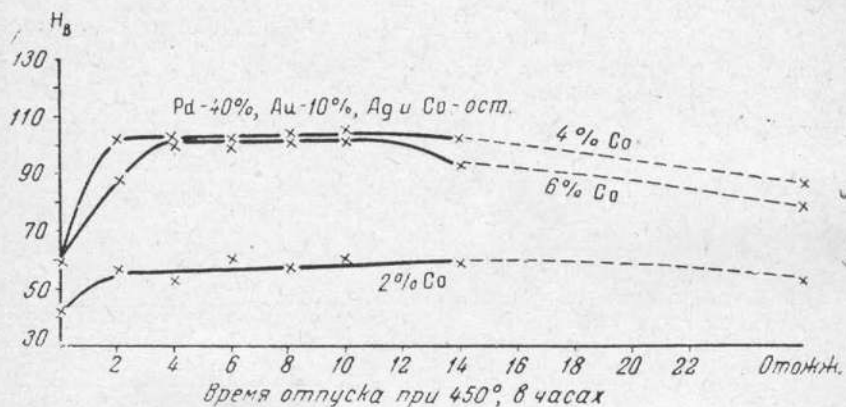
Состав весовых %				Твердость H_v , в кг/мм ²			
Pb	Au	Ag	Co	закаленные	старение при 350°		
					2 час.	4 час.	6 час.
55	10	33	2	62.5	66.0	62.0	67.5
55	10	31	4	84.5	82.0	93.0	86.5
55	10	29	6	102.5	76.0	89.5	75.5
55	20	23	2	62.5	57.5	56.5	59.5
55	20	21	4	72.0	72.0	73.0	63.0
55	20	19	6	89.0	94.0	97.5	98.0

Таблица 4

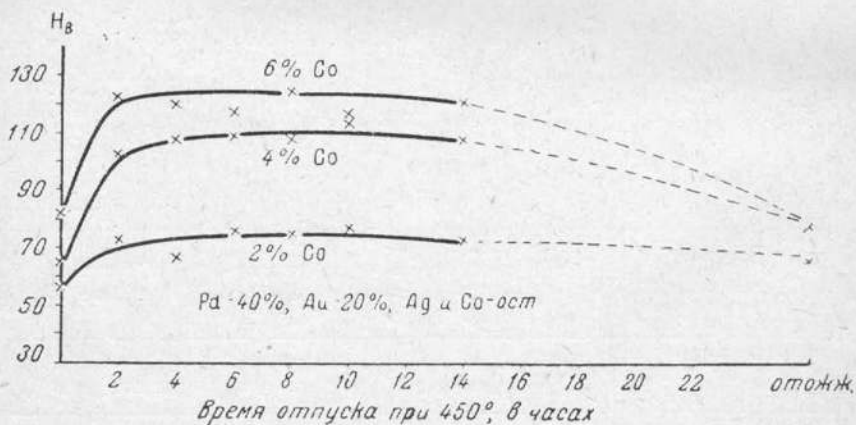
Состав весовых %				После старения при $t = 450^\circ$ в течение 4 час.		Закаленные		Отожженные	
Pb	Au	Ag	Co	δ_v в кг/мм ²	δ в %	δ_v в кг/мм ²	δ в %	δ_v в кг/мм ²	δ в %
				40	10	48	2	15.0	44
40	10	45	4	24.1	38	20.3	49	19.0	38
40	10	44	6	23.8	17	18.5	26	16.9	24
40	20	38	2	18.3	34	16.8	50	17.2	42
40	20	36	4	27.7	27	23.8	54	22.5	41
40	20	34	6	29.2	21	22.1	31	22.3	25



Фиг. 4. Изменение твердости сплавов с 55% Pd и 20% Au при старении.



Фиг. 5. Изменение твердости сплавов с 40% Pd и 10% Au при старении.



Фиг. 6. Изменение твердости сплавов с 40% Pd и 20% Au при старении.

дости наблюдается у сплава с 6% кобальта и 10% золота. При содержании 2% кобальта эффект старения значительно меньше.

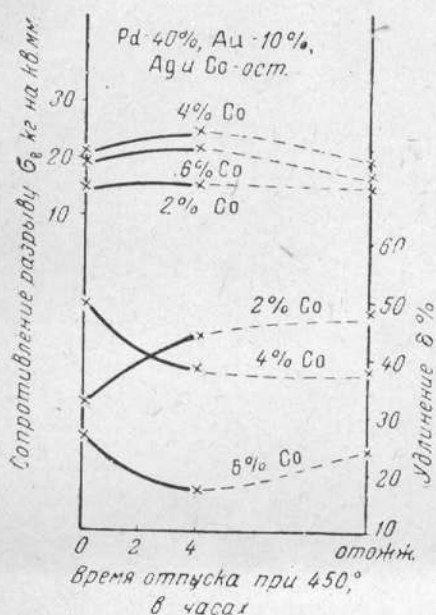
Меньшее процентное увеличение твердости (49%) наблюдается у сплава состава 40% палладия, 20% золота, 34% серебра и 6% кобальта,

но зато абсолютная величина твердости (122 кг на кв. мм) заметно больше, чем у сплава аналогичного состава, содержащего 10% золота.

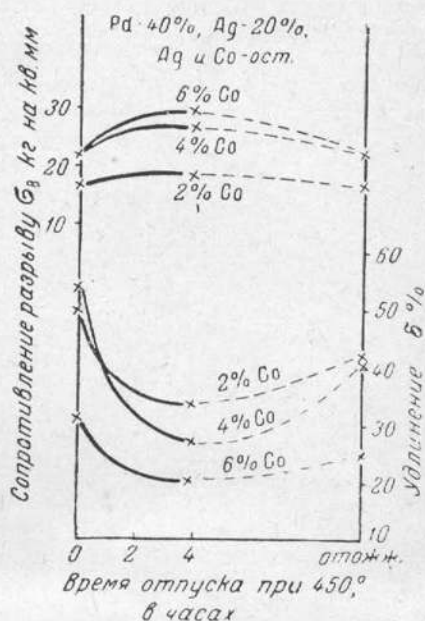
Сплавы с 40% палладия, 10 и 20% золота, содержащие 2% кобальта, хотя и обнаруживают эффект старения, но в значительно более слабой степени, чем содержащие 4 и 6% кобальта.

Максимальная твердость вследствие старения достигается при отпуске в течение 2—4 часов. Оставаясь неизменной при дальнейшем отпуске до 10—12 часов, она после этого начинает падать, постепенно приближаясь к твердости отожженных сплавов.

Из сплавов с содержанием 40% палладия, показавших наибольший эффект старения, были приготовлены проволоки диаметром 1 мм для опре-



Фиг. 7. Изменение сопротивления разрыву σ_B и удлинения δ , при старении сплавов с 40% Pd и 10% Au.



Фиг. 8. Изменение сопротивления разрыву σ_B и удлинения δ , при старении сплавов с 40% Pd и 20% Au.

деления временного сопротивления разрыву и удлинения в отожженном и закаленном состоянии и после старения при 450° в течение 4 часов.

Расчетная длина образцов — 50 мм. Разрыв проволок был произведен на разрывной машине Шоппера. Результаты испытаний приведены в табл. 4 и на диаграммах фиг. 7 и 8.

ВЫВОДЫ

На основании произведенного исследования процессов старения сплавов, содержащих 70, 60, 55 и 40% палладия, 10 и 20% золота и 2.4 и 6% кобальта, следует признать, что наибольший эффект старения наблюдается у сплавов, содержащих 40% палладия. У сплавов с 55% палладия эффект старения проявляется слабее, у сплавов с 60% палладия — едва заметен, при содержании 70% палладия — вообще не наблюдается. Уменьшение и исчезновение явлений старения по мере увеличения содержания палладия может быть объяснено полным растворением кобальта в богатом

палладием в твердом растворе не только при высоких температурах, но и при понижении температуры до комнатной. Установление точной границы полной растворимости кобальта может быть произведено лишь путем изучения диаграмм состояний палладий — серебро — кобальт и палладий — серебро — золото — кобальт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Немилев В. А., Рудницкий А. А. и Видусова Т. А. Изв. Сектора платины ИОНХ АН СССР, **20** (1947).
2. Fedele A. Z. f. Metallkunde, **30**, № 5, 158 (1938).
3. Петренко Г. И. Z. f. anorg. u. allgem. Chem. **53**, 215 (1907).
4. Tammann G. u. Oelsen W. Z. f. anorg. u. allgem. Chem. **186**, 279 (1930).
5. Wahl W. Z. f. anorg. u. allg. Chem., **66**, 60 (1910).
6. Grube u. Kästner H. Z. f. Metallkunde, **42**, № 3 (1936).