

Сплавы на основе палладия с высокими физико-механическими свойствами и технология их получения

Волков А.Ю., Антонова О.В., Волкова Е.Г., Пацелов А.М.



Изучено формирование микроструктуры, механических свойств и электросопротивления в бинарных и тройных сплавах на основе палладия. Разработанные в ходе исследования технологически простые термомеханические обработки позволяют достичь высоких физико-механических свойств, которые превышают характеристики зарубежных аналогов. Результаты могут быть использованы в приборостроении, для создания коррозионно-стойких проводников слабых электрических сигналов.

Сплавы на основе палладия нашли применение в приборостроении, к примеру, в ответственных узлах систем управления в качестве проводников слабых электрических сигналов. Данное исследование посвящено разработке технологии получения в сплавах на основе палладия комплекса оптимальных функциональных свойств: высокой прочности и низкого электрического сопротивления. При этом особое внимание уделялось технологической простоте получения искомым свойств.

В качестве материалов исследования была выбрана система палладий-медь. Вблизи эквивалентного состава сплавы этой системы испытывают атомное упорядочение, в результате чего их электрическое сопротивление снижается в несколько раз. Ранее уже были попытки использования данной особенности упорядоченных сплавов Pd-Cu, однако их широкому внедрению мешали низкие прочностные свойства этих сплавов: в хорошо упорядоченном состоянии предел текучести не превышает $\sigma_{0,2}=300$ МПа. Разработанная ранее технология повышения механических свойств упорядоченных сплавов Pd-Cu требовала длительных термообработок. К примеру, отжиг при 300°C в течение 5 часов повышал предел текучести упорядоченного сплава Cu-40Pd до 600 МПа.

В данной работе исследовано формирование физико-механических свойств в процессе

упорядочения после предварительной пластической деформации ряда бинарных сплавов Cu-Pd и тройных сплавов с серебром на его основе. Выяснено, что скорость атомного упорядочения исследованных сплавов существенно выше, чем предполагалось ранее. Это позволяет сформировать в сплавах новое структурное состояние – нерекристаллизованное упорядоченное.

На *рис.1* можно видеть повышенную плотность дислокаций, наследованных от исходного деформированного состояния, на фоне несовершенных границ формирующихся зерен новой упорядоченной фазы. Такая структура термически стабильна и остается практически без изменений вплоть до температуры превращения (~550°C). Предел текучести материала в таком состоянии находится на уровне исходного деформированного сплава и достигает $\sigma_{0,2}=1150$ МПа, а удельное электросопротивле-

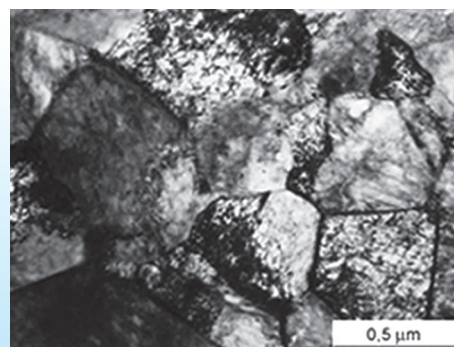


Рис. 1.

ние имеет очень низкие значения, характерные для хорошо упорядоченного состояния: $\rho=(4,5\div 9,5)\times 10^{-8}$ Ом м.

На основе электронно-микроскопического исследования формирования структуры сплава Pd-Cu-Ag методом *in situ* непосредственно в колонне микроскопа, разработан технологически простой способ упрочнения данного сплава, который заключается в коротких нагревах выше критической температуры упорядочения. При этом в сплаве происходит фазовая перекристаллизация, в результате которой формируется мелкозернистая двухфазная структура с размером зерна 0,2-0,3 мкм (рис.2). Предел текучести сплава Pd-Cu-Ag с такой структурой достигает $\sigma_{0,2}=1050$ МПа, при этом пластичность $\delta=15\%$, а удельное электросопротивление $\rho=11,5\times 10^{-8}$ Ом м.

Полученные в результате данного исследования свойства сплавов Pd-Cu и Pd-Cu-Ag сведены в таблицу. В данной таблице для сравнения с нашими результатами приведены физико-механические свойства используемых в

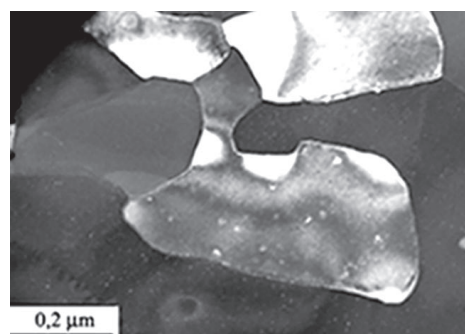


Рис.2.

промышленности зарубежных сплавов. Можно видеть, что достигнутые нами прочностные и электрические свойства превышают аналогичные характеристики зарубежных аналогов – сплавов *Paliney* и *Elkonium*, разработанных на основе драгоценных металлов для передачи слабого электрического сигнала. При сопоставимых прочностных свойствах мы получаем в два-три раза меньшее электрическое сопротивление и на порядок большую пластичность при меньшей стоимости, поскольку в исследованных сплавах отсутствует платина. На данную разработку имеется патент РФ [1].

Марка сплава	Зарубежные сплавы			Результаты исследований	
	Paliney 7	Paliney 8	Elkonium 43	Pd-Cu	Pd-Cu-Ag
Состав сплава	Pd, Pt, Au, Ag, Cu	Pd, Pt, Ag, Cu	Pd, Ag, Cu, Ni	Pd, Cu	Pd, Ag, Cu
Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	1020	1090	730	810 ÷ 1200 (зависит от термообработки)	1020
Предел прочности σ_B , МПа	1260	1260	Нет данных	1350	1370
Пластичность δ , %	2	0,5	3	10 ÷ 30	18
Удельное электросопротивление ρ , мкОм см	33	25	14	4,5 ÷ 10	12,5

Таблица

¹ Волков А.Ю., Антонова О.В., Волкова Е.Г. Патент РФ № 2217524, приоритет от 15.05.2002