

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА БЕЛОГО ЗОЛОТА НА СОДЕРЖАЩЕГО НИКЕЛЬ

**Пряничникова А.И., Латыпова О.И.**

**Научный руководитель – профессор Биронт В.С., доцент Ковалева А.А., доцент Лопатина Е.С.**

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время на ювелирном рынке большой популярностью пользуются изделия из белых драгоценных металлов, и особенно из золота белого цвета. Белое золото наилучшим образом подчеркивает изысканность и элегантность ювелирных украшений.

Белое золото – это сплав золота с палладием, серебром, никелем, цинком, или платиной.

Медицинские исследования последних лет показали, что при контакте с кожей человека никель может вызывать аллергические реакции. Таким образом, изделия, изготовленные из сплава, содержащего никель, могут спровоцировать появление раздражения кожи (зуд, сыпь) у обладателей украшений.

Поэтому создание ювелирных сплавов белого золота, не содержащих никель, является на сегодняшний день актуальной задачей.

В таблице 1 представлен экспериментальный сплав белого золота 585-й пробы, не содержащий никель.

Таблица 1 – Состав экспериментального сплава белого золота 585 пробы

Маркировка сплава	Химический состав сплава, массовая доля компонента, %								Расчетная плотность, г/см <sup>3</sup>
	Au	Ag	Pd	Cu	Zn	Ni	In	Ru	
Сплав №1	58,5	26,0	8,0	5,5	1,5	-	0,5	0,01	15,63

На полученной проволоке проведены металлографические исследования и определены механические свойства.

Микроструктура сплава №1 (таблица 1) в литом состоянии характеризуется дендритным строением. Внутреннее строение зерен, связано с химической неоднородностью (дендритной ликвацией), разделяющей твердый раствор на области, обогащенные разными компонентами (рисунок 1).



*а* – начало слитка, ×160

*б* – конец слитка, ×160

Рисунок 1 – Микроструктура литого сплава №1

Микроструктура образца из начальной части слитка характеризуется крупнодендритным строением, а в конечной части слитка размер дендритных кристаллов в среднем составляет  $69 \pm 10$  мкм.

Механические свойства литых прутков приведены в таблице 2. Свойства начальной и конечной частей литого прутка практически не отличаются, что свидетельствует о стабильности структуры и свойств по длине литого полуфабриката.

Таблица 2 – Механические свойства литых прутков

Состояние	Диаметр, мм	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	HV, кгс/мм <sup>2</sup>
Начало литого прутка	6	561,2	27,9	202,9
Конец литого прутка		551,8	30,3	190,5

При пластической деформации, а также при промежуточных и окончательном отжигах происходит преобразование литой структуры от дендритной химически неоднородной, до однородной на конечном переделе. Это достигается в результате протекания рекристаллизационных процессов и постепенного выравнивания химического состава в микрообъемах от передела к переделу по мере осуществления пластической деформации и тепловых процессов при отжиге (рисунки 2, 3).



*а* - после прокатки, заготовка квадрат 3,7 мм ×320



*б* - после прокатки, заготовка квадрат 2,1 мм ×320



*в* - после прокатки, проволока 1,1 мм ×320



*г* - после малой степени деформации проволоки диаметром 0,9 мм, отожженной в проволоке 1,1 мм ×320



*д - проволока диаметром 0,7 мм, ×320*



*е - после волочения, проволока 0,25 мм×320*

**Рисунок 2 - Микроструктура деформированных полуфабрикатов**

После первых проходов прокатки (при размере промежуточной заготовки 3,7 и 1,1 мм) хорошо просматривается волокнистая структура деформированного материала (рисунок 2). После волочения до диаметра 0,9 мм (рисунок 2, *з*) в структуре наблюдаются вытянутые в направлении деформации рекристаллизованные зерна, что связано с деформационными изменениями формы зерен, образовавшихся в результате промежуточного отжига на заготовке 1,1×1,1 мм. Увеличение степени деформации приводит к более сильному вытягиванию зерен по ходу деформации, и в проволоке конечного диаметра наблюдается тонкое волокнистое строение (рис. 2, *е*).

После отжига при 675 °С в течение 35 мин. образуется полностью рекристаллизованная структура на всех диаметрах проволоки (рисунок 3). Размер рекристаллизованного зерна в полуфабрикатах 3,7×3,7 и 1,1×1,1 составляет 17-18 мкм. Для заготовки 2,1×2,1 мм размер зерна несколько больше, в среднем 21 мкм.



*а – после отжига прокатанной заготовки квадрат 3,7 мм ×320*



*б – после отжига прокатанной заготовки квадрат 2,1 мм ×320*



*в – после отжига проволоки 1,1 мм ×320*

**Рисунок 3 – Микроструктура промежуточных заготовок из сплава №1**

Механические свойства представлены в таблице 3.

**Таблица 3 - Механические свойства полуфабрикатов в деформированном и отожженном состояниях**

Состояние	Размер, мм	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	HV, кгс/мм <sup>2</sup>
без отжига	3,7×3,7	942,4	3,6	227,7
	2,1×2,1	752,7	2,6	270,7
	1,1×1,1	660,5	1,9	264,5
	0,9	702,2	11,5	228,9
	0,7	803,5	7,1	260,0
	0,35	912,8	4,7	266,0

	0,25	878,8	3,6	273,0
отожженные	3,7×3,7	449,7	35,0	124,5
	2,1×2,1	429,7	32,0	162,9
	1,1×1,1	433,9	25,0	148,8
	0,25	502,3	39,2	139,1

Исследования микроструктуры и свойств сплава №1, модифицированного Ru 0,01 показали, что сплав имеет достаточно высокие механические свойства, хорошую технологичность, обеспечивающую получение проволоки диаметром 0,25 мм и высокие потребительские качества. Этот сплав не содержит никель, а следовательно не вызывает появление контактной аллергической реакции у обладателей ювелирных изделий. Таким образом, результаты исследований дают возможность рекомендовать данный сплав для производства ювелирных украшений.