

Артюх Тетяна Миколаївна

*докт. техн. наук, професор Національного університету харчових
технологій, м. Київ*

Шульц Анна Сергіївна

*старший викладач Донецького національного університету
імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк*

E-mail: a-nuto4kaa777@mail.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЮВЕЛІРНИХ СПЛАВІВ ЗОЛОТА З ВМІСТОМ МОДИФІКУЮЧИХ КОМПОНЕНТІВ

З точки зору проб і кольору класифікація сплавів золота не дає жодних вказівок щодо того, які властивості і механічні характеристики мають зазначені ювелірні сплави. Проте, логічні взаємозв'язки між складом, металургійною структурою і властивостями таких сплавів існують. Дослідження фазових діаграм систем сплавів золота, що беруть участь в процесі виробництва ювелірного сплаву надає можливості прогнозування фізико-механічних властивостей, у тому числі і кольору майбутнього ювелірного виробу.

Значні наукові та практичні дослідження щодо формування фізико-механічних властивостей ювелірних сплавів білого золота зроблено науковцями Американського товариства з випробування матеріалів (ASTM), Американської асоціації виробників та постачальників ювелірних виробів (MJSA) та Всесвітньої Золотої Ради [1-5]. Проте, розроблені світовою науковою спільнотою сплави золота підходять лише для певних технологічних процесів, певного обладнання, і, нажаль, не завжди можуть забезпечити високих споживних властивостей ювелірних виробів.

Одними з основних споживних властивостей ювелірних виробів з дорогоцінних металів є естетичні. Колір ювелірного сплаву є найбільш важливою складовою естетичних властивостей ювелірного виробу.

Нами було досліджено процеси зміни кольору ювелірних сплавів золота в системі Au-Ag-Cu в залежності від концентрації срібла та міді. З цією метою було виготовлено 28 контрольних зразків. Колір досліджуваних зразків позначали відповідно до вимог зазначених в ISO 8654:1987 «Кольори золотих сплавів. Визначення, діапазон кольорів та позначення», а саме:

0N – жовто-зелений (або «зелене» золото, бо зелений колір домінує);

1N – блідо-жовтий;

2N – світло-жовтий (з зеленкуватим відтінком);

3N – жовтий;

4N – рожевий;

5N – червоний;

8N – білий.

Під час дослідження встановлено, що в чистій системі Au-Ag-Cu сплави золота 375 проби можуть мати 5 кольорів (8N, 1N, 2N, 4N, 5N), 585 проби – 4 кольори (1N, 2N, 4N, 5N), 750 проби – три кольори (0N, 3N, 4N). При цьому, білими – 8N, без додавання будь яких легуючих компонентів та модифікаторів, можуть бути лише сплави золота 375 проби з вмістом срібла понад 50 %. Проте, такі сплави не можуть використовуватися для створення масових ювелірних виробів, бо мають достатньо високу температуру солідус (близько 1000 °C), є занадто м'якими (твердість після лиття зі збільшенням срібла знижується від 80 до 40 HV, твердість після пластичної деформації знаходиться в межах від 124 до 84 HV), мають високу міцність на розрив (понад 315 МПа), що ускладнює їх подальшу обробку.

У зв'язку з цим, було поставлено завдання розробити сплави білого золота, що за своїми кольоровими характеристиками відповідали найвищому класу білизни, мали високі показники фізико-механічних властивостей та були

безпечними. З цією метою, було розроблено композиції експериментальних сплавів білого золота з вмістом модифікуючих компонентів.

Так було визначено оптимальний склад сплавів на основі потрійної системи «золото-срібло-мідь», який можна використовувати як основну матрицю для подальшого регулювання та «вибілювання», а саме для експерименту обрано сплав золота 375 проби Au-Ag-Cu 375-250, 585 проби Au-Ag-Cu 585-150 та 750 проби Au-Ag-Cu 750-80 (табл. 1).

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості досліджуваних сплавів золота потрійної системи Au-Ag-Cu

Параметр	Сплав		
	Au-Ag-Cu 375-250	Au-Ag-Cu 585-150	Au-Ag-Cu 750-80
Твердість після лиття, HV	100	170	140
Твердість після відпалу, HV	130	190	170
Міцність на розтяг, МПа	460	510	480
Міцність на розрив, МПа	310	300	270
Відносне подовження, %	28	38	43
Рідкотекучість, м	0,50	0,49	0,48
Кількість зерен на 1 мм ²	80	81	понад 82
Температура солідус, °С	760	820	820
Температура ліквідус, °С	850	900	920
Колір	2N	2N	3N

Регулювання хімічного складу ювелірного сплаву полягало в оптимізації властивостей в системі Au-Ag-Cu з метою їх вибілювання до кольору 8N, який відповідає 1 класу білизни – «майже білий» та підвищенні твердості до 200 НВ, зменшенні розміру зерна (кількість зерен на 1 мм² понад 100), звуженні

інтервалу кристалізації (між температурами солідус-ліквідус) максимум до 35 – 40 °С.

Як модифікуючі добавки для отримання білого кольору ювелірних сплавів на основі золота з заданими властивостями в системі золото-срібло-мідь обрано цинк (Zn), марганець (Mn), хром (Cr), олово (Sn), кобальт (Co), кремній (Si), бор (B).

В процесі виконання експерименту було досліджено 58 композицій сплавів на основі золота з вмістом модифікуючих компонентів. Однак, найбільш оптимальними обрано сплави, що містять від 4 до 9 % цинку, від 3 до 7 % марганцю та до 2,5 % за загальною масою у сплаві хрому, олова, кобальту, кремнію та бору (табл. 2).

Таблиця 2

Хімічний склад авторських зразків сплавів на основі золота

Умовне позначення зразка	Хімічний склад, %									
	Au	Ag	Cu	Zn	Mn	Cr	Sn	Co	Si/Cu	B/Cu
E-1	37,5	24,0-25,0	решта	10,0	7,0	0,2-0,3	1,5	0,01-0,05	0,4-0,5	0,05-0,1
E-2	37,7	24,0-25,0	решта	9,0	6,5	0,3-0,4	1,5	0,01-0,05	0,4-0,5	0,05-0,1
E-3	58,5	14,0-15,0	решта	8,0	5,5	0,05-0,1	1,25	0,01-0,05	0,3-0,5	0,05-0,1
E-4	58,5	14,0-15,0	решта	7,0	5,0	0,1-0,2	1,5	0,01-0,05	0,3-0,5	0,05-0,1
E-5	75,0	7,0-8,0	решта	5,0	4,0	0,1-0,2	0,75	0,01-0,05	0,2-0,4	0,05-0,1
E-6	75,0	7,0-8,0	решта	4,0	5,0	0,1-0,15	0,75-1,0	0,01-0,05	0,2-0,4	0,05-0,1

Введення до складу композицій цинку підвищувало пластичність сплавів та сприяло зниженню температури його плавлення. Марганець вводили як додатковий вибілювач, який усуває небажані відтінки сплаву. Крім того, марганець є добрим розкислювачем сплаву, підвищує його в'язкість та твердість. З метою підвищення вибілюючої дії та зносостійкості до складу

сплаву на основі золота введено хром. Додаткове введення олова поліпшує пластичність, а введення кобальту підвищує міцність сплаву. Кремній вводили як зерноподрібнюючу добавку для створення рівномірної структури та підвищення текучості ювелірного золотого сплаву.

Отримані сплави були випробувані за показниками фізико-механічних властивостей (таблиця 3).

Таблиця 3

Показники фізико-механічних властивостей досліджуваних сплавів золота на основі потрійної системи Au-Ag-Cu

Параметр	Сплав					
	Е-1	Е-2	Е-3	Е-4	Е-5	Е-6
Твердість після лиття, HV	130	135	160	155	140	140
Твердість після відпалу, HV	170	165	220	210	190	185
Міцність на розтяг, МПа	465	460	510	500	480	475
Міцність на розрив, МПа	310	300	310	300	280	280
Відносне подовження, %	23	24	32	34	37	38
Кількість зерен на 1 мм ²	понад 180	понад 180	понад 180	понад 180	понад 180	понад 180
Температура солідус, °С	760	770	770	775	830	835
Температура ліквідус, °С	800	810	800	805	890	890
Колір	8N	8N	8N	8N	8N	8N

Було встановлено, що авторські сплави мають білий колір без явно помітних відтінків та можуть бути використані для виробництва ювелірних виробів методом лиття за витоплюваними моделями.

У зв'язку з цим, доцільно рекомендувати українським підприємствам використовувати сплави на основі золота з вмістом модифікуючих

компонентів, зокрема цинку, марганцю та хрому в межах запропонованих авторами публікації.

Список літератури:

1. Henderson S., Manchanda D. White Gold Alloys: Colour Measurement and Grading // *Gold Bulletin*. – 2005. – 38(2). – P. 55-67
2. Rotheram P. White Golds – Meeting the Demand of International Legislation / Peter Rotheram // *Gold Technology*, 1999 – vol. 27. – pp. 34 – 40
3. Thompson M. Defining White Gold // *Professional jeweler*. – September, 2003. – P. 52-54
4. Фачченда В. Литьё по выплавляемым моделям. Справочник / Валерио Фачченда [Перевод с англ.]. – Омск: Издат. Дом «Дедал-Пресс», 2005. – 104 с.
5. Черныш С. Влияние примесей на механические и литейные свойства сплавов золота / Сергей Черныш // *Международный Симпозиум ювелиров*, 9-11 июля, 2003, Санкт-Петербург. – 2003. – С. 158 – 162.