

# Розділ 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ



Ювелірні вироби класифікують за різними ознаками, у числі яких класифікація за призначенням, яка об'єднує їх у наступні групи:

- ◆ предмети особистих прикрас – каблучки, сережки, кулони, брошки та ін.;
- ◆ предмети туалету – скриньки, шкатулки, пряжки, дзеркальця та ін.;
- ◆ приладдя для куріння – попільниці, люльки та ін.;
- ◆ предмети сервірування столу – вази, ложки, виделки, щипці для цукру та ін.;
- ◆ письмове приладдя – письмові прилади, підставки та ін.;
- ◆ предмети для прикраси інтер'єру – вази, фігурки та ін.;
- ◆ аксесуари для годинників – підставки для настільного годинника, ланцюжки та ін.;
- ◆ сувеніри – пам'ятні медалі, нагрудні значки, брелоки, символи та ін.

*Ювелірні литі вироби* – це виливки з невеликим об'ємом ручної доробки, що представляють собою або готовий ювелірний виріб, або основу ювелірного виробу для закріплення на ній дорогоцінного або напівдорогоцінного каміння та ін.

В асортименті ювелірних виробів (особистих прикрас) виділяють: прикраси для рук (каблучки, браслети), прикраси для голови (сережки, діадеми), шийні прикраси (ланцюжки, намиста, кольє, кулони та ін.), нагрудні прикраси для сукні (брошки, булавки). Із числа литих ювелірних виробів традиційно найбільш затребуваними є предмети особистих прикрас – каблучки, сережки, кулони та брошки.

*Каблучки* – найбільш популярні прикраси, частка яких серед вироблених ювелірних виробів перевищує 40 %. У числі виготовлених каблучок – каблучки для заручин, весілля, вінчання, коктейльні каблучки, каблучки-обереги, ювілейні, гороскопічні та ін.

Конструктивно каблучка може мати одну (наприклад, обручка) або кілька деталей (елементів), що схематично надано на рисунку 13.1.

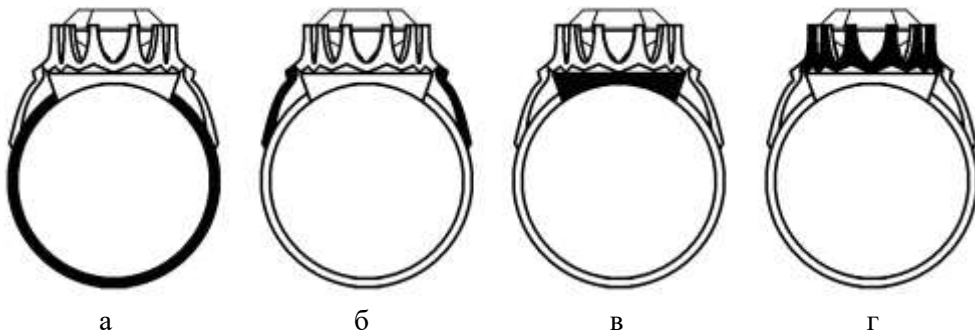


Рисунок 13.1 – Схеми положення на каблучці (елемент зачернено) «шинки» або обідка (а), накладок (б), ранта (в) та каста (г)

У відповідності з рисунком 13.1:

- ◆ «шинка» – обідок постійного або змінного перерізу, що обвиває та утримує каблучку на пальці;
- ◆ накладка – декоративний елемент, що забезпечує жорсткість конструкції каблучки та підвищує міцність кріплення на каблучці каста;
- ◆ рант – контурний обідок, який з'єднує каст та «шинку»;
- ◆ каст – елемент для кріплення у ньому вставки (каменю, перлини тощо).

Сережки відносяться до числа парних ювелірних прикрас, в яких одна сережка за формою, розміром, конструкцією, малюнком тощо є "дзеркальним відображенням" іншої – парної сережки. Сережки можуть мати різну конструкцію, до якої, відповідно до схем на рисунку 13.2, у тому чи іншому поєднанні можуть входити: швенза (рухлива, фіксована) – петля (дужка, застібка), яка фіксує сережку у вусі; пружинний гачок – "гвіздок", що вводиться у проколений отвір вуха; основа – лицьова, інкрустована камінням або іншим декором, поверхня; вставки – камені, перли та інші види декору; каст; рант; підвіска – декоративний елемент, який вільно звисає з основи сережки.

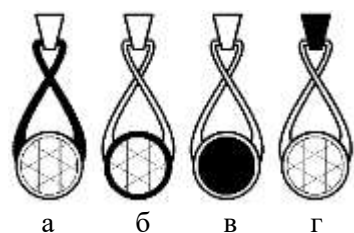
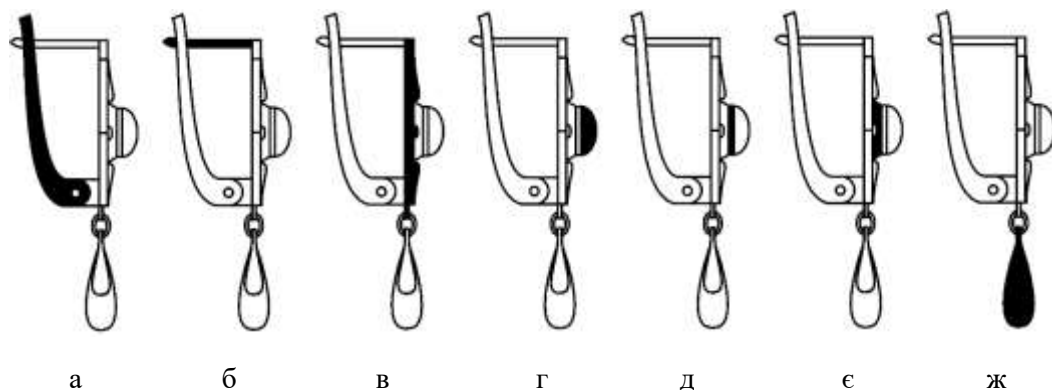


Рисунок 13.3 – Схеми положення на кулоні (елемент зачорнений) основи (а), каста (б), вставки (в) та підвісного кільця (г)

Рисунок 13.2 – Схеми положення на сережці (елемент зачорнено) швензи (а), пружинного гачка (б), основи (в), вставки (г), каста (д), ранта (е) та підвіски (ж)

Кулон – шийна прикраса на ланцюжку, що складається із одного або декількох елементів (підвісок). Схема конструкції кулона надана на рисунку 13.3.

Брошка – прикраса, яку приколюють до сукні (костюму) замковою частиною. Схеми елементів конструкції брошки надано на рисунку 13.4.

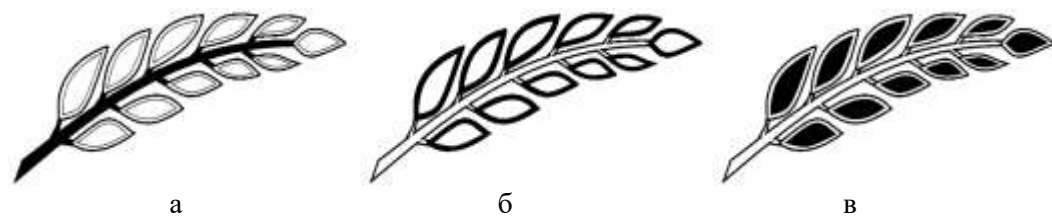


Рисунок 13.4 – Схеми положення на брошці (елемент зачорнено) основи (а), каста (б) та вставок (в)

### 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ

Незважаючи на обмежену кількість литих деталей в ювелірних виробках, наданих, зокрема, на рисунках 13.5 ... 13.7 [257 ... 264 та ін.], їх різноманітність і умови застосування зумовлюють вимоги до ливарних, механічних, медичних та споживчих властивостей сплавів даних виробів.



а



б



в

Рисунок 13.5 – Жіночі каблучки (а) класичного ювелірного дому **Lobortas** (Україна), сережки (б) ювелірного заводу “**Золотий вік**” (Україна) та брошки (в) **Cartier** [197, 198, 221]





de Grisogono

Рисунок 13.6 – Каблучки виробників світових брендів



а



б

Рисунок 13.7 – Сережки (а) **Van Cleef & Arpels** та каблучка-годинник (б) **Cartier**

Усі створювані ювелірні вироби – це індивідуальності, які розрізняються не тільки числом, розміром, формою, кольором і відтінком каменів, що використовуються; формою, розміром, рівнем шорсткості поверхонь різних елементів і т.п., але й конструктивним виконанням. Наприклад, каблучки можуть бути суцільнолитими, паяними та збірними, виготовлятися із різних за кольором сплавів тощо, про що, зокрема, свідчать зображення каблучок, наданих на рисунках 13.8 ... 13.23 [256, 257, 265, 266 та ін.].



Рисунок 13.8 – Жіночі каблучки **Cartier**







Рисунок 13.9 – Каблучки **Damiani**



De Grisogono



**Korloff**



**Chopard**



**Tiffany & Co.**

Рисунок 13.10 – Жіночі каблучки виробників світових брендів



Рисунок 13.11 – Каблучки **Boucheron**



Рисунок 13.12 – Каблучка **De Grisogono**



Рисунок 13.13 – Ювелірні вироби **Buccellati**



Рисунок 13.14 – Ювелірні вироби **Buccellati**



Рисунок 13.15 – Ювелірні вироби **Buccellati**



а



б

Рисунок 13.16 – Браслети (а) та чоловічі каблучки (б) **Buccellati**





Рисунок 13.17 – Ювелірні вироби **Buccellati**



Рисунок 13.18 – Каблучки **Damiani**



а



б

Рисунок 13.19 – Каблучки **Damiani** (а) та **Van Cleef & Arpels** (б)



Рисунок 13.20 – Каблучка **Damiani**



---

Рисунок 13.21 – Кольє Mouawad



Рисунок 13.22 – Кольє **Buccellati**



а



б

Рисунок 13.23 – Ексклюзивний жіночий наручний годинник Khérgi à secret від **Boucheron** на ремінці з кришкою у закритому (а) та відчиненому (б) станах

Із числа сплавів благородних металів найбільшими колірними можливостями характеризуються сплави системи Au–Ag–Cu, про що свідчить колірна діаграма системи Au–Ag–Cu, яку надано на рисунку 13.24,а.

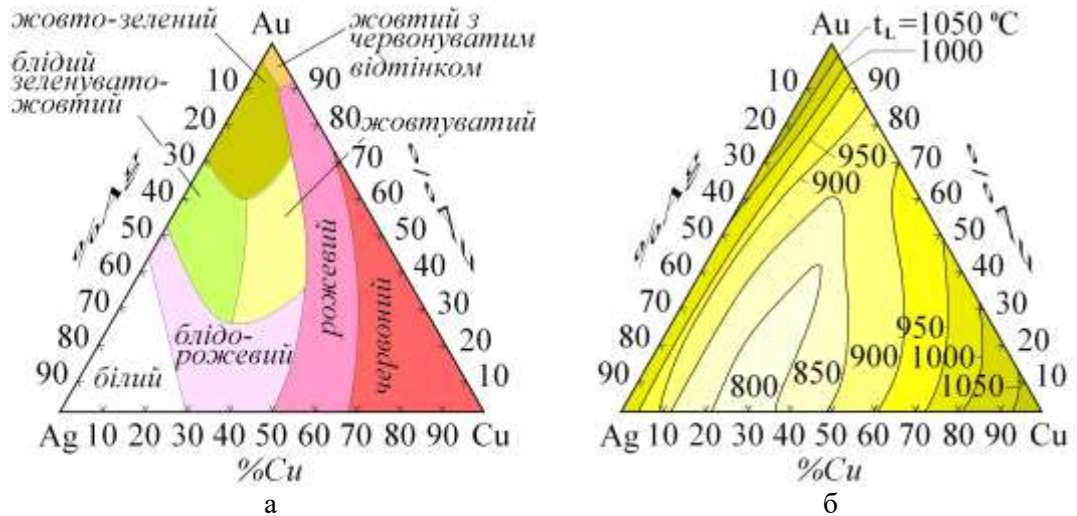


Рисунок 13.24 – Колірна діаграма (а) та діаграма з ізолініями температури ліквідус (б) системи Au–Ag–Cu

Із рисунку 13.24,а випливає, що вироби зі сплавів даної системи можуть мати кольори та відтінки від мідно-червоного, рожевого, до білого, жовто-зеленого та жовтого. При цьому температура ліквідус сплавів даної системи змінюється у широких межах, що видно із ходу ізоліній на діаграмі рисунка 13.24,б.

### 13.1 Сплави для ювелірного лиття

Для виготовлення ювелірних та подібних виробів застосовують сплави на основі **Zn, Al, Cu**, а також благородних металів (**Ag, Au, Pt, Pd**) та інших сплавів.

Класифікацію сплавів для ювелірного лиття надано на рисунку 13.25, а на рисунку 13.26, в якості цінового орієнтиру, надано гістограму середньозваженої відносної ціни чистих металів на світових ринках.

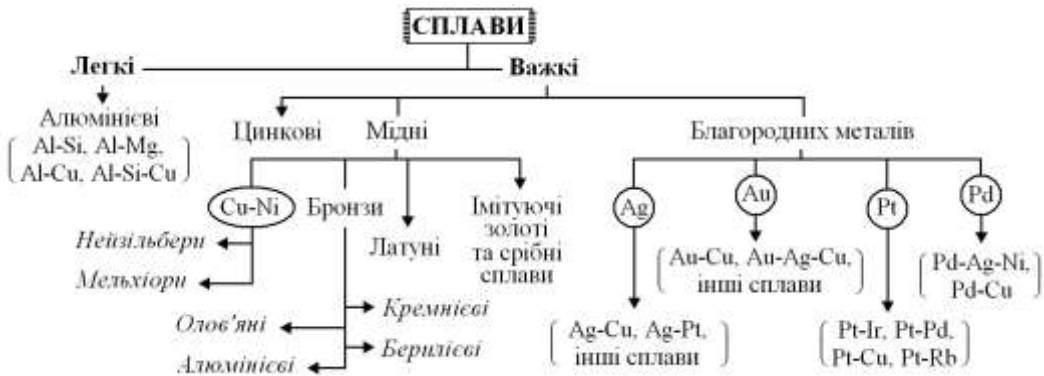


Рисунок 13.25 – Класифікація сплавів для ювелірного лиття

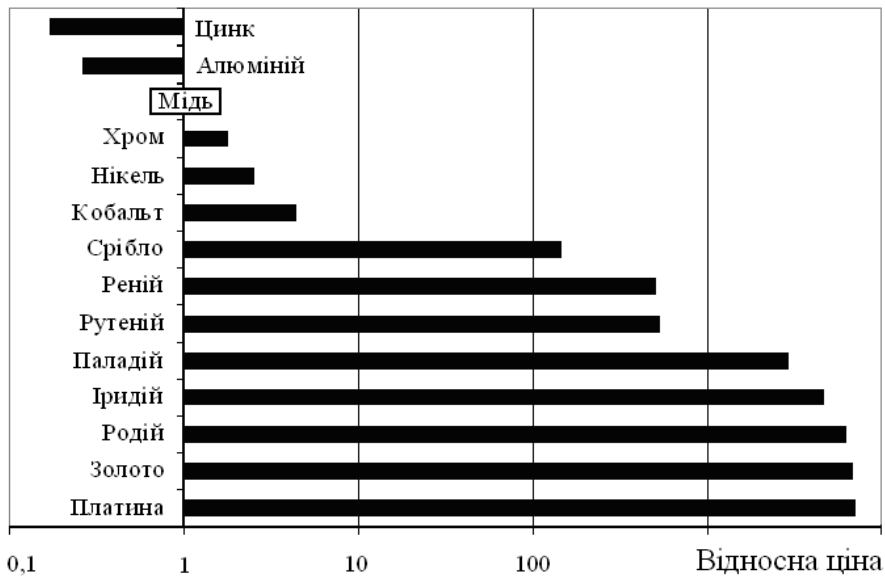


Рисунок 13.26 – Середньозважена відносна ціна металів (відносно ціни на мідь) на світових ринках

Марки золота, срібла та сплавів на основі благородних і дорогоцінних металів встановлює ГОСТ 30649. Для позначення марок сплавів на основі благородних металів прийняті наступні умовні позначення і скорочення:

|               |              |              |              |               |
|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Зл – золото   | Ср – срібло  | Пл – платина | Рд – родій   | И – іридій    |
| Пд – паладій  | М – мідь     | Н – нікель   | Ц – цинк     | Кд – кадмій   |
| Ре – реній    | Кр – кремній | Га – галій   | В – вольфрам | Ин – індій    |
| Ит – ітрій    | К – кобальт  | Ру – рутеній | Х – хром     | Цр – цирконій |
| Зал. – решта. |              |              |              |               |

Основною характеристикою даних сплавів є проба – мінімальний масовий вміст певного благородного металу, виражений у частках на тисячу одиниць маси сплаву. Найменування марок сплавів складається із букв, що позначають компоненти сплаву, і наступних за ними цифр. Цифри, що стоять після букв, вказують номінальний вміст компонента сплаву у тисячних частках (пробах), якщо компонент – благородний метал, і у процентах, якщо компонент – нешляхетний метал. Останній компонент у марці цифрою не позначається, якщо він нешляхетний. Наприклад, марка сплаву ЗлСрМ 375-20 позначає, що це – золотий сплав 375-ої проби, у якому міститься 37,5 % **Au**, ~2 % **Ag**, решта – **Cu** (за масою).

Щодо хімічного складу сплавів на основі **Au**, **Ag**, **Pt** і **Pd**, які використовують для виробництва ювелірних виробів, то він повинен відповідати ГОСТ 30649. За узгодженням із органами Державної пробірної палати країни-виробника допускається виготовлення сплавів і іншого хімічного складу.

**13.1.1 Сплави на основі золота.** Хімічний склад сплавів на основі золота для ювелірних виробів наведено в таблиці 13.1, а властивості даних сплавів, кольори і відтінки виробів із них – в таблиці 13.2.



Таблиця 13.1 – Хімічний склад сплавів на основі золота для ювелірних виробів

| Сплав                   | Проба | Масова частка, %* |           |         |           |           |      |         |      |
|-------------------------|-------|-------------------|-----------|---------|-----------|-----------|------|---------|------|
|                         |       | Au                | Ag        | Pt      | Pl        | Ni        | Cu   | Zn      | Cd   |
| ЗлСрМ 375-20            | 375   | 37,5-38,0         | 1,7-2,3   |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрМ 375-100           | 375   | 37,5-38,0         | 9,5-10,5  |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрМ 375-160           | 375   | 37,5-38,0         | 15,5-16,5 |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрМ 375-250           | 375   | 37,5-38,0         | 24,5-25,5 |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрПдМ 375-100-38      | 375   | 37,5-38,0         | 9,5-10,5  |         | 3,5-4,1   |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрМ 500-100           | 500   | 50,0-50,5         | 9,5-10,5  |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСр 585-415            | 585   | 58,5- 59,0        | Зал.      |         |           |           |      |         |      |
| ЗлСрМ 585-80            | 585   | 58,5-59,0         | 7,5-8,5   |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрМ 585-200           | 585   | 58,5-59,0         | 19,5-20,5 |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрМ 585-300           | 585   | 58,5-59,0         | 29,5-30,5 |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрПд 585-255-160      | 585   | 58,5-59,0         | 25,0-26,0 |         | Зал.      |           |      |         |      |
| ЗлСрПдЦ 585-287-100     | 585   | 58,5-59,0         | 28,2-29,2 |         | 9,5-10,5  |           |      | Зал.    |      |
| ЗлСрПдКл 585-280-100    | 585   | 58,5-59,0         | 27,5-28,5 |         | 9,5-10,5  |           |      |         | Зал. |
| ЗлСрНЦМ 585-80-8,2-2,5  | 585   | 58,5-59,0         | 7,5-8,5   |         |           | 7,7-8,7   | Зал. | 2,2-2,8 |      |
| ЗлНЦМ 585-12,5-4        | 585   | 58,5-59,0         |           |         |           | 12,0-13,0 | Зал. | 3,6-4,4 |      |
| ЗлСр 750-250            | 750   | 75,0-75,5         | 24,5-25,5 |         |           |           |      |         |      |
| ЗлСрМ 750-125           | 750   | 75,0-75,5         | 12,0-13,0 |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрМ 750-150           | 750   | 75,0-75,5         | 14,5-15,5 |         |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрНЦ 750-150-7,5      | 750   | 75,0-75,5         | 14,5-15,5 |         |           | 7,0-8,0   |      | Зал.    |      |
| ЗлСрПд 750-100-150      | 750   | 75,0-75,5         | 9,5-10,5  |         | Зал.      |           |      |         |      |
| ЗлСрПлМ 750-80-90       | 750   | 75,0-75,5         | 7,5-8,5   | 8,5-9,5 |           |           | Зал. |         |      |
| ЗлСрПдН 750-90-140      | 750   | 75,0-75,5         | 8,5-9,5   |         | 13,5-14,5 | Зал.      |      |         |      |
| ЗлСрПдН 750-70-140      | 750   | 75,0-75,5         | 6,5-7,5   |         | 13,5-14,5 | Зал.      |      |         |      |
| ЗлСрПдНКл 750-90-85-4** | 750   | 75,0-75,5         | 8,5-9,5   |         | 8,0-9,0   | 3,5-4,5   |      |         | Зал. |
| ЗлНЦМ 750-7,5-2,5       | 750   | 75,0-75,5         |           |         |           | 7,0-8,0   | Зал. | 2,1-2,9 |      |
| ЗлСрМ 958-20***         | 958   | 95,8-96,3         | 1,7-2,3   |         |           |           | Зал. |         |      |
| Зл 999* <sup>5</sup>    | 999   | ≥ 99,90           |           |         |           |           |      |         |      |
| Зл 999,9* <sup>4</sup>  | 999,9 | ≥ 99,99           |           |         |           |           |      |         |      |

Примітка: \* Домішки у сплавах не повинні перевищувати, % (за масою): **Pb** – 0,005; **Fe** – 0,15; **Sb** – 0,005; **Bi** – 0,005; **O** – 0,007; разом – 0,17.

\*\* Сплав містить 0,008 ... 0,040 % **B** (за масою).

\*\*\* Домішки у сплавах не повинні перевищувати, % (за масою): **Pb** – 0,003; **Fe** – 0,08; **Sb** – 0,003; **Bi** – 0,003; **O** – 0,007; разом – 0,10.

\*<sup>4</sup> Домішки не повинні перевищувати, % (за масою): **Pb** – 0,003; **Fe** – 0,004; **Sb** – 0,001; **Bi** – 0,002; **Cu** – 0,007; **Ag** – 0,008; разом – 0,01.

\*<sup>5</sup> Домішки не повинні перевищувати, % (за масою): **Pb** – 0,003; **Fe** – 0,035; **Sb** – 0,002; **Bi** – 0,002; **Cu** – 0,012; **Ag** – 0,020; разом – 0,10.

### 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ

Таблиця 13.2 – Властивості, кольори та відтінки сплавів на основі золота

| Сплав                         | $\rho_{20}$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | $t_L$ ,<br>°C | $t_s$ ,<br>°C | $\Delta t_{кр}$ ,<br>°C | $ВТ_{Ag}^*$ | Колір,<br>відтінок     |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------|-------------------------|-------------|------------------------|
| <b>ЗлСрМ 375-20</b>           | 11240                              | 985           | 965           | 20                      | 2,6         | Яскраво-жовтий         |
| <b>ЗлСрМ 375-100</b>          | 11410                              | 940           | 925           | 15                      | 3           | Червоний               |
| <b>ЗлСрМ 375-160</b>          | 11540                              | 900           | 880           | 20                      | 3           | Червоний               |
| <b>ЗлСрМ 375-250</b>          | 11740                              | 850           | 770           | 80                      | 3           | Рожево-жовтий          |
| <b>ЗлСрПдМ 375-100-38</b>     | 11560                              | 975           | 850           | 125                     | 3           | Жовтувато-помаранчевий |
| <b>ЗлСрМ 500-100</b>          | 12470                              | 925           | 835           | 90                      | 3,1         | Червоний               |
| <b>ЗлСр 585-415</b>           | 14300                              | 1030          | 1025          | 5                       | 0,9         | Зелений                |
| <b>ЗлСрМ 585-80</b>           | 13240                              | 905           | 880           | 25                      | 3,2         | Червоний               |
| <b>ЗлСрМ 585-200</b>          | 13600                              | 845           | 830           | 15                      | 3,2         | Червонувато-жовтий     |
| <b>ЗлСрМ 585-300</b>          | 13920                              | 880           | 835           | 45                      | 3           | Жовто-зелений          |
| <b>ЗлСрПд 585-255-160</b>     | 14760                              | 1220          | 1175          | 45                      | 1,5         | Білий                  |
| <b>ЗлСрПдЦ 585-287-100</b>    | 14310                              | 1180          | 1150          | 30                      | 1,4         | Білий                  |
| <b>ЗлСрПдКд 585-280-100</b>   | 14600                              | 1190          | 1160          | 30                      | 2,2         | Білий                  |
| <b>ЗлСрНЦМ 585-80-8,2-2,5</b> | 13110                              | 1015          | 825           | 190                     | 4,5         | Світло-жовтий          |
| <b>ЗлНЦМ 585-12,5-4</b>       | 12850                              | 950           | 870           | 80                      | 3,3         | Білий                  |
| <b>ЗлСр 750-250</b>           | 15960                              | 1045          | 1040          | 5                       | 0,9         | Зелений                |
| <b>ЗлСрМ 750-125</b>          | 15450                              | 900           | 885           | 15                      | 2,8         | Яскраво-жовтий         |
| <b>ЗлСрМ 750-150</b>          | 15530                              | 920           | 890           | 30                      | 2,6         | Жовтий                 |
| <b>ЗлСрНЦ 750-150-7,5</b>     | 15380                              | 950           | 900           | 50                      | 2,8         | Білий                  |
| <b>ЗлСрПд 750-100-150</b>     | 16440                              | 1300          | 1250          | 50                      | 1,7         | Білий                  |
| <b>ЗлСрПлМ 750-80-90</b>      | 16780                              | 1055          | 955           | 100                     | 2,5         | Жовтуватий             |
| <b>ЗлСрПдН 750-90-140</b>     | 16320                              | 1247          | 1155          | 92                      | 2,8         | Білий                  |
| <b>ЗлСрПдН 750-70-140</b>     | 16250                              | 1215          | 1115          | 100                     | 3           | Білий                  |
| <b>ЗлСрПдНКд 750-90-85-4</b>  | 15800                              | 1170          | 1140          | 30                      | 2,7         | Білий                  |
| <b>ЗлНЦМ 750-7,5-2,5</b>      | 14810                              | 950           | 910           | 40                      | 3           | Білий                  |
| <b>ЗлСрМ 958-20</b>           | 18520                              | 1030          | 1005          | 25                      | 1           | Яскраво-жовтий         |
| <b>Зл 999</b>                 | 19300                              |               | 1063          | 15                      | 0,6         | Яскраво-жовтий         |
| <b>Зл 999,9</b>               | 19300                              |               | 1063          | 30                      | 0,6         | Яскраво-жовтий         |

Примітка. \*  $ВТ_{Ag}$  – відносна твердість (по відношенню до твердості срібла).

Області застосування ювелірних золотих сплавів наведено в таблиці 13.3, а технологічні властивості та придатність даних сплавів – в таблиці 13.4.

Таблиця 13.3 – Призначення ювелірних сплавів на основі золота

| Сплав   | Призначення  |
|---|--|
| ЗлСрМ 375-20<br>ЗлСрМ 375-100<br>ЗлСрМ 375-160<br>ЗлСрМ 375-250<br>ЗлСрПдМ 375-100-38   | Ювелірні вироби (каблучки, сережки, персні, медальйони, кулони, брошки, ланцюжки та ін.). Сплав ЗлСрПдМ 375-100-38, в основному, використовують для виготовлення ритуально-обрядових виробів (обручки, хрестики тощо)    |
| ЗлСрМ 500-100   | Ювелірні вироби (каблучки, персні, сережки, медальйони, кулони, ланцюжки, булавки, пряжки та ін.), а також ритуально-обрядові вироби   |
| ЗлСр 585-415<br>ЗлСрМ 585-80<br>ЗлСрМ 585-200<br>ЗлСрМ 585-300  | Ювелірні вироби (каблучки з художньою обробкою, сережки, медальйони, кулони, брошки, ланцюжки, браслети, запонки, корпуси годинників тощо), ритуально-обрядові вироби (обручки, хрестики, ладанки та ін.)                |
| ЗлСрПд 585-255-160<br>ЗлСрПдЦ 585-287-100<br>ЗлСрПдКд 585-280-100<br>ЗлСрНЦМ 585-80-8,2-2,5<br>ЗлНЦМ 585-12,5-4   | Ювелірні вироби (каблучки, персні, сережки, медальйони, кулони, брошки, браслети та ін.), сувеніри (пам'ятні медалі, значки тощо), аксесуари для куріння (портсигари, сигаретниці, мундштуки та ін.)                     |
| ЗлСр 750-250<br>ЗлСрМ 750-125<br>ЗлСрМ 750-150  | Ювелірні вироби (каблучки, персні, сережки, медальйони, брошки, браслети, закладки для краватки, запонки та ін.), сувеніри тощо. Сплав ЗлСрМ 750-150 призначений для виготовлення ювелірних виробів зі смарагдами та ін. |
| ЗлСрНЦ 750-150-7,5<br>ЗлСрПд 750-100-150<br>ЗлСрПлМ 750-80-90<br>ЗлСрПдН 750-90-140<br>ЗлСрПдН 750-70-140<br>ЗлСрПдНКд 750-90-85-4<br>ЗлНЦМ 750-7,5-2,5 | Ювелірні вироби з діамантами, смарагдами та іншими дорогоцінним камінням   |
| ЗлСрМ 958-20  | Обручки  |
| Зл 999<br>Зл 999,9  | Пам'ятні медалі, значки тощо   |

### 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ

Таблиця 13.4 – Технологічні властивості та придатність ювелірних сплавів на основі золота

| Сплав   | Технологічні властивості та придатність  |
|---|--|
| ЗлСрМ 375-20<br>ЗлСрМ 375-100<br>ЗлСрМ 375-160<br>ЗлСрМ 375-250<br>ЗлСрПдМ 375-100-38   | Сплави 375-ої проби відносяться до тьмяніючих на повітрі, що обмежує їх застосування.<br>Придатні для всіх видів холодної обробки і лиття.<br>Сплав ЗлСрПдМ 375-100-38 має низькі ливарні властивості, схильний до червоноламкості при пайці   |
| ЗлСрМ 500-100   | Низькі ливарні властивості. Збільшення вмісту <b>Ag</b> змінює колір сплаву від червонуватого до зеленуватого.<br>Сплав включено у стандарт для здійснення пробірного нагляду наявних в обігу виробів.<br>Для виробництва не рекомендується  |
| ЗлСр 585-415<br>ЗлСрМ 585-80<br>ЗлСрМ 585-200<br>ЗлСрМ 585-300  | Придатні для всіх видів холодної обробки і лиття.<br>Найкращі ливарні властивості у сплавів, що мають співвідношення вмісту за масою <b>Ag/Cu = 1</b>  |
| ЗлСрПд 585-255-160<br>ЗлСрПдЦ 585-287-100<br>ЗлСрПдКд 585-280-100<br>ЗлСрНЦМ 585-80-8,2-2,5<br>ЗлНЦМ 585-12,5-4   | За колірним відтінком сплави відносяться до групи білого золота, придатні для холодної обробки і лиття.<br>Не схильні до розтріскування у процесі відпалу та пайки.<br>У сплавах наявність <b>C</b> – окрихчує, <b>Cd</b> – знижує температуру плавлення, <b>Zn</b> – підвищує плинність, знижує температуру їх плавлення  |
| ЗлСр 750-250<br>ЗлСрМ 750-125<br>ЗлСрМ 750-150  | Піддаються всім видам холодної обробки. Для обробки різанням переважно використовувати нагартований або зміцнений стан.<br>При литті сплави повинні розплавлятися у вакуумі та заливатися у захисному газовому середовищі.<br>Добре паяються. Рекомендується для виготовлення виробів із покриттям емаллю. Краще поєднання декоративних і технологічних властивостей мають сплави ЗлСрМ 750-125 та ЗлСрМ 750-150               |
| ЗлСрНЦ 750-150-7,5<br>ЗлСрПд 750-100-150<br>ЗлСрПлМ 750-80-90<br>ЗлСрПдН 750-90-140<br>ЗлСрПдН 750-70-140<br>ЗлСрПдНКд 750-90-85-4<br>ЗлНЦМ 750-7,5-2,5 | За колірним відтінком сплави відносяться до групи білого золота, відбивна здатність та колір близькі до платини. Сплави з <b>Pd &gt; 10 %</b> або <b>Pt &gt; 8 %</b> (за масою) – білого кольору.<br><b>Ni</b> – змінює колір золота на блідо-жовтий, надає твердість та підвищує ливарні властивості. Придатні для прокатування, протягування, листового штампування (Зл-Ср-Пд-Н), лиття за витоплюваними моделями (Зл-Н-Ц-М) |
| ЗлСрМ 958-20  | Сплави 958-ої проби мають найбільшу насиченість кольору та жовтими тонами. Висока хімічна стійкість, низькі механічні властивості  |
| Зл 999,<br>Зл 999,9   | Висока хімічна стійкість, низькі механічні властивості   |

Основними легувальними компонентами золотих сплавів є **Ag, Cu, Pd, Pt, Ni**.  
Опис їх впливу на властивості золотих сплавів наведено в таблиці 13.5.

Таблиця 13.5 – Вплив елементів на ливарні властивості сплавів на основі золота

| Елемент           | Вплив   |
|-------------------|---|
| <b>Ag, Ni, Cu</b> | Покращують ливарні властивості. У зв'язку з алергічним впливом, застосування <b>Ni</b> у виробках, що використовуються для пірсингу і для носіння у ранах, що гояться, заборонено, а для інших ювелірних виробів – обмежено |
| <b>Pd, Pt</b>     | Підвищують температуру плавлення сплавів  |

Золоті сплави 375-ої проби характеризуються високою твердістю та великою пластичністю, при контакті зі шкірою – швидко тьмяніють.

Золоті сплави 585-ої проби характеризуються хорошими ливарними та механічними властивостями, оброблюваністю.

Золоті сплави 750-ої проби мають хороші ливарні властивості, пластичні, добре поліруються та паяються. Для нанесення на виріб емалі використовують бінарний сплав **Ag–Cu**, складові якого взяті у рівних частках за масою.

У золотих сплавах 750-ої проби виділяють так зване жовте та біле золото. Сплави білого золота поділяють на благородні або шляхетні (з **Ag** і **Pd**) і неблагородні чи нешляхетні (на основі **Ag–Ni–Cu** із додаванням **Zn** для покращення ливарних властивостей). Відомо також рожеве золото (75 % **Au**, 22,25 % **Cu**, 2,75 % **Ag** або 75 % **Au**, 20 % **Cu**, 5 % **Ag**), червоне золото (75 % **Au**, 25 % **Cu**), жовто-зелене золото (75 % **Au**, 25 % **Ag** або 75 % **Au**, 23 % **Cu**, 2 % **Cd**), темно-зелене золото (75 % **Au**, 15 % **Ag**, 6 % **Cu**, 4 % **Cd**), блакитне золото (46 % **Au**, 54 % **In**), фіолетове золото (75 % **Au**, 25 % **Al**), а також коричневе та чорне золото, яке одержують, наприклад, окисленням поверхні виробу зі сплаву 75 % **Au** і 25 % **Co**. Слід зазначити, що **Cd** – токсичний метал. У зв'язку з цим прикраси, що містять **Cd**, тривалий час носити категорично заборонено.

Плавку золота і його сплавів проводять в індукційній печі з графітовим або графіто-шамотним тиглем під шаром деревного вугілля або борної кислоти. При цьому, для кожної марки сплаву використовують індивідуальний тигель. Сам процес плавки повинен мати мінімальну тривалість. Із метою попередження насичення сплаву сіркою з графіту, плавку ведуть в алунових тиглях.

Неблагородне біле золото твердіше й міцніше за благородне. При плавці білого золота використовують тиглі, робоча поверхня яких покрита шаром обпаленого вапна (**CaO**), а плавку ведуть під шаром бури. У деяких випадках плавку золота проводять без будь-яких добавок, а переплав готових сплавів, звороту, гранул або брукту здійснюють із використанням флюсу – попередньо пропаленої при 600 ... 650 °C бури у кількості 1 ... 3 % від маси шихти, що переплавляється. Щоб уникнути окрихчення виробів, шихта для сплавів білого золота 750-ої проби повинна складатися із первинних металів високої чистоти.

У разі, коли плавлення та заливання сплавів на основі золота ведуть в алуновому тиглі високочастотної індукційної печі із подальшим відцентровим заливанням форми розплавом – деревне вугілля і флюс не застосовують. Для розкислення розплавів золота та його сплавів використовують фосфористу мідь у кількості від 0,5 до 2 % від маси розплаву. Сплави, що містять 0,5 ... 12 % **Zn** (за масою), не розкислюють, а плавку проводять під шаром борної кислоти.

Порядок ведення плавки різних золотих сплавів однаковий і починається з розплавлення благородного металу (металів). На початку плавки тигель печі нагрівають до ~1000 °C, вводять у нього буру у кількості ~1 % від маси шихти та шихтові матеріали (**Ag, Au**). Після розплавлення, до розплаву дрібними шматочками

### 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ

вводять **Cu** і підвищують температуру розплаву до  $\sim 1100$  °C (при виготовленні виливків із чистого **Au** температуру розплаву підвищують до 1200 ... 1280 °C). Після досягнення зазначеної температури, розплав розкислюють 0,05 % фосфористої міді або іншим розкислювачем у кількості 0,1 % від його маси. Через 2 ... 3 хвилини з поверхні розплаву скочують шлак, розплав перемішують і випускають із тигля.

Легкоплавкі метали (**Zn, Cd**) у розплав **Au–Ag** вводять у вигляді лігатури. В іншому випадку у тиглі охолоджують приготований розплав **Au–Ag** до температури його кристалізації, а потім вводять **Zn** і **Cd**, витримують розплав до їх розплавлення, підвищують температуру розплаву до  $\sim 1100$  °C і випускають його із печі.

При плавці сплаву ЗЛМ АМ 750-7,5-2,5 не можна застосовувати графітовий тигель, приготований сплав не розкислюють, а в якості шихтових матеріалів використовують чисте золото та лігатуру **Cu–Ni–Zn**.

Для підвищення рідкоплинності і заповнюваності форм, зниження ймовірності появи газових раковин і зменшення шорсткості поверхні виливків, підвищення пластичності та зменшення величини усадкової пористості у литих виробів зі сплавів 583 і 750-ої проби системи **Au–Ag–Cu** замість 2 ... 3 % **Ag** (не більше) вводять аналогічну кількість **Zn**. Введення **Zn** у розплав здійснюють шляхом використання подвійної латуні, що містить не більше 30 % **Zn**.

Кремній, будучи розкислювачем золотих сплавів, більш інтенсивно, ніж **Zn**, підвищує їх рідкоплинність і заповнюваність форми. Гранично припустима кількість **Si**, що вводиться у сплави системи **Au–Ag–Cu** 375-ої проби, не повинна перевищувати 0,32 %, 583-ої проби – 0,1 %, 750-ої проби – 0,05 % (за масою). У золоті сплави більш високих проб введення **Si** не рекомендується. У виробів із високопробних золотих сплавів **Si** різко укрупнює зерно, знижуючи їх тріщиностійкість. Тому, такі сплави модифікують 0,005 ... 0,05 % **Ir, Zr, It, B** або **Va**, до 0,2 % **Co**, 0,001 ... 0,01 % **Ru**.

Для заливання гіпсову ливарну форму прожарюють при 900 ... 970 °C і охолоджують до 500 ... 600 °C. Після закінчення заливання форму охолоджують у воді, проводять вибивання охолоджених виливків, їх очищення та відбілювання.

Використання різних шихтових матеріалів є основною причиною появи у золотих сплавах різних хімічних елементів і, відповідно, зміни їх властивостей. Опис впливу деяких елементів-домішок золотих сплавів на їх властивості наведено в таблиці 13.6.

Таблиця 13.6 – Вплив елементів-домішок золотих сплавів на їх властивості

| Елемент       | Вплив   |
|---------------|---|
| <b>Pb</b>     | При вмісті більше 0,05 % (за масою) різко окрихчує сплав  |
| <b>Sn</b>     | Окрихчує сплави <b>Au–Ag–Cu</b> при вмісті більше 4 % (за масою)  |
| <b>Al</b>     | При низькому вмісті у сплаві <b>Au</b> збільшує міцність і схильність до потьмяніння, знижує рідкоплинність розплавів. При перевищенні розчинності у сріблі і міді утворює крихку сполуку $Au_4Al$ фіолетового кольору  |
| <b>Zn, Cd</b> | Різко знижують температуру плавлення, збільшують рідкоплинність, виробам із червонуватим відтінком надають жовтуватий відтінок. <b>Zn</b> знижує реакційну здатність розплаву до гіпсової форми, знижує пористість і збільшує пластичність сплавів, підсилює блиск поверхні виробів |
| <b>Si</b>     | Підвищує заповнюваність форми і розмір зерна виробу   |
| <b>P, S</b>   | Знижують тріщиностійкість сплавів   |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>H, O, CO,<br/>CH<sub>4</sub></b> | Сприяють виникненню газових раковин у виливках |
|-------------------------------------|--|

**13.1.2 Сплави на основі срібла.** Срібні сплави маркують за аналогією із золотими сплавами.

Зі сплавів на основі срібла виготовляють предмети сервірування столу (ложки, виделки, ножі, підсклячники, блюда, лопатки, совочки, стопки, чарки, цукорниці, ситечка для чаю та ін.), ритуально-обрядові вироби (обручки, хрестики тощо), ювелірні вироби (каблучки, персні, медальйони, кулони, брошки, ланцюжки, браслети, булавки, запонки та ін.), портсигари, мундштуки, пам'ятні медалі, значки тощо. Сплав СрМ 830 використовують для виробництва декоративних прикрас.

Срібні сплави, що застосовують для виготовлення ювелірних виробів, містять тільки один легувальний елемент – **Cu** і, згідно з чинними стандартами, повинні вмішувати у собі за масою 91,6 або 87,5, або 80, або 50 % **Ag**.

Із підвищенням вмісту **Cu** збільшується твердість срібних сплавів, а вироби із них набувають жовтуватий відтінок. Кисень підвищує твердість і крихкість срібних сплавів. У срібних сплавах зі зниженням вмісту срібла істотно підвищуються ливарні властивості. Проте, для виконання філігранних робіт, нанесення черні або емалювання слід використовувати сплави з високим вмістом у них **Ag**.

Для підвищення пластичності вироби зі сплаву СрМ 925 рекомендується гартувати у воді. Нагрівання виробів із даного сплаву призводить до підвищення їх твердості.

У деяких випадках срібні сплави, що використовують у виробництві ювелірних виробів, являють собою системи **Ag–Mn–Sn** або **Ag–Sn–Cd**.

Хімічний склад, а також властивості срібла та сплавів на його основі, які використовують для виробництва ювелірних виробів, наведені в таблиці 13.7.

Таблиця 13.7 – Хімічний склад, властивості срібла та його сплавів, які використовують для виробництва ювелірних виробів

| Метал, сплав | Проба | Масова частка, % |      |     |     |      |      | Властивості         |                                 |            |            |                      |                |
|--------------|-------|------------------|------|-----|-----|------|------|---------------------|---------------------------------|------------|------------|----------------------|----------------|
|              |       | Елемент          |      |     |     |      |      | Домішки (не більше) | $\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup> | $t_L$ , °C | $t_s$ , °C | $\Delta t_{кр}$ , °C | $BF_{Ag}^{**}$ |
|              |       | Ag               | Cu   | Pd  | Mn  | Sn   | Cd   |                     |                                 |            |            |                      |                |
| Ср 999*      | 999   | ≥ 99,9           | –    |     |     |      |      | 0,10                | 10500                           | 960,5      |            | 0                    | 1              |
| СрМ 960      | 960   | 96,0-96,5        | Ост. |     |     |      |      | 0,10                | 10430                           | 930        | 880        | 50                   | 1              |
| СрМ 925      | 925   | 92,5-93,0        | Ост. |     |     |      |      | 0,12                | 10360                           | 896        | 779        | 117                  | 1,5            |
| СрМ 875      | 875   | 87,5-88,0        | Ост. |     |     |      |      | 0,12                | 10280                           | 855        | 779        | 76                   | 1,6            |
| СрМ 830      | 830   | 83,0-83,5        | Ост. |     |     |      |      | 0,15                | 10190                           | 830        | 779        | 51                   | 1,8            |
| СрМ 800      | 800   | 80,0-80,5        | Ост. |     |     |      |      | 0,15                | 10130                           | 810        | 779        | 31                   | 2              |
| СрМ 750      | 750   | 75,0-75,5        | Ост. |     |     |      |      | 0,15                |                                 |            |            |                      |                |
| СрМ 500      | 500   | 50,0-50,5        | Ост. |     |     |      |      | 0,25                |                                 |            |            |                      |                |
| СрМнО 10-8   |       | 82,0             |      |     | 10  | 8    |      |                     |                                 |            |            |                      |                |
| СрМнО 13-9   |       | 78,0             |      |     | 13  | 9    |      |                     |                                 |            |            |                      |                |
| СрМнО 17-3   |       | 80,0             |      |     | 17  | 3    |      |                     |                                 |            |            |                      |                |
| СрОКд        |       | 75,0-80,0        |      |     |     | 7-10 | 5-18 |                     |                                 |            |            |                      |                |
| СрПд         |       | 88,8             |      | 4,4 | 8,8 |      |      |                     |                                 |            |            |                      |                |
| СПМ          |       | 70,0             | 10   | 20  |     |      |      |                     |                                 |            |            |                      |                |

### 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ

Примітка. \* Для Ср 999 домішка міді – не більше 0,015 % (за масою). \*\* $BP_{Ag}$  – відносна рідкоплинність (відносно рідкоплинності срібла Ср 999).

До числа домішок срібних сплавів, які найбільш часто зустрічаються, відносяться **Pb, Fe, Sb, Bi, O**. Опис впливу деяких хімічних елементів-домішок на властивості сплавів системи Ag–Cu наведено в таблиці 13.8.

Таблиця 13.8 – Вплив хімічних елементів на властивості сплавів системи Ag–Cu

| Елемент                  | Вплив   |
|--------------------------|---|
| <b>Ni</b>                | При вмісті до 1 % (за масою) підвищує механічні властивості сплавів   |
| <b>Fe</b>                | Погіршує оброблюваність виробів   |
| <b>Pb</b>                | Надає сплавам крихкості (червоноламкості) при нагріванні  |
| <b>Sn</b>                | Різко знижує температуру плавлення.<br>При вмісті більше 9 % (за масою) окрихчує сплав  |
| <b>Al</b>                | Знижує ливарні та технологічні властивості сплаву при вмісті більше 4 % (за масою)  |
| <b>Si</b>                | Окрихчує сплави, ускладнює обробку виробів  |
| <b>S, P</b>              | Окрихчує сплави.<br>Присутність <b>P</b> у сплаві призводить до потьмяніння виробів і погіршує якість гальванічного покриття на них |
| <b>O, SO<sub>2</sub></b> | Шкідливі домішки, які утворюють у виробках газові раковини.<br>Кисень підвищує твердість сплавів                                    |

Чисте срібло плавлять під шаром просушеного деревного вугілля, швидко та без значного перегрівання розплав у графітових або графіто-шамотних тиглях низькочастотних або високочастотних електричних печей або у печах із газовим нагріванням.

Перед плавкою на дно тигля насипають шар деревного вугілля та нагрівають тигель до  $\sim 950$  °С. Потім у тигель завантажують срібло, мідь і підвищують температуру тигля до 1000 ... 1050 °С. Після повного розплавлення шихти розплав розкислюють фосфористою міддю із розрахунку 0,1 % від маси розплаву. Для розкислення срібла і його сплавів, які не містять **Mn**, перед введенням **Sn** розплав розкислюють 0,05 ... 0,10 % **Li**, або 0,1 % фосфористої міді, або 0,5 % **Cd** від маси розплаву. Потім підвищують його температуру до  $\sim 1100$  °С (при виготовленні виливків із чистого срібла температуру розплаву підвищують до 1120 ... 1150 °С). Після 2 ... 3 хвилин витримки з поверхні розплаву видаляють шлак, розплав перемішують і випускають із тигля. Заливання розплаву срібла ведуть через факел газового полум'я.

Плавка сплавів Ag–Cu не відрізняється від технології плавки чистого срібла.

Сплави Ag–Pd плавлять у газовому середовищі з окислювальними властивостями. Плавку срібних сплавів, що містять **Mn** і **Sn**, ведуть у відновлювальній атмосфері, здійснюючи введення у розплав **Sn** після повного розчинення у ньому **Mn**.

Заливання розплаву у форму здійснюють під дією відцентрової сили (відцентрове заливання форм) або методом вакуумного всмоктування розплаву у форму. Для заливання форму на гіпсовій основі попередньо прожарюють при



температурі 750 ... 820 °С, КО – при 900 ... 970 °С і потім охолоджують їх до 400 ... 450 °С. Залиті форми витримують на повітрі з наступним охолодженням у воді до кімнатної температури, після чого виливки вибивають. Вибиті виливки відокремлюють від ливникової системи, очищують, механічно обробляють і відбілюють.

**13.1.3 Сплави на основі платини.** Платинові сплави маркують за аналогією зі сплавами на основі золота та широко використовують у виробництві ювелірних виробів для особистих прикрас: кільце, вузькі та широкі браслети, оригінальні прикраси для волосся, філігранні сережки, брошки, кулони, обручки, персні, ланцюжки тощо.

Для виробництва ювелірних виробів використовують сплави платини з **Ir, Cu, Pd, Rd, W**. Найбільш часто в якості легувальних добавок для платинових сплавів використовують **Ir** і **Cu**. У платиновому сплаві **Ir** підвищує температуру плавлення і зносостійкість сплаву, **Cu** – знижує температуру плавлення сплаву. Легувальні добавки, які використовують у сплавах, не змінюють білий колір сплаву.

Щодо хімічного складу сплавів на основі платини для ювелірних виробів, то його наведено в таблиці 13.9, а їх властивості – в таблиці 13.10.

Таблиця 13.9 – Хімічний склад сплавів на основі платини

| Сплав           | Проба | Масова частка, %* |      |            |      |      |      |      |      |   |
|-----------------|-------|-------------------|------|------------|------|------|------|------|------|---|
|                 |       | Pt                | Ir   | Pd         | Rd   | Cu   | Re   | Si   | Ga   | W |
| ПлИ 850-150     | 850   | 85,0-85,5         | Зал. |            |      |      |      |      |      |   |
| ПлПд 850-150    |       | 85,0-85,5         |      | Зал.       |      |      |      |      |      |   |
| ПлРд 850-150    |       | 85,0-85,5         |      |            | Зал. |      |      |      |      |   |
| ПлМ 850         |       | 85,0-85,5         |      |            |      | Зал. |      |      |      |   |
| ПлПдКр 850-120  |       | 85,0-85,5         |      | 11,5- 12,5 |      |      |      | Зал. |      |   |
| ПлПдГа 850-140  |       | 85,0-85,5         |      | 13,5-14,5  |      |      |      |      | Зал. |   |
| ПлИ 900-100     | 900   | 90,0-90,5         | Зал. |            |      |      |      |      |      |   |
| ПлПд 900-100    |       | 90,0-90,5         |      | Зал.       |      |      |      |      |      |   |
| ПлРд 900-100    |       | 90,0-90,5         |      |            | Зал. |      |      |      |      |   |
| ПлМ 900         |       | 90,0-90,5         |      |            |      | Зал. |      |      |      |   |
| ПлПдРе 900-80** |       | 90,0-90,5         |      | 7,5-8,5    |      |      | Зал. |      |      |   |
| ПлПдКр 900-70   |       | 90,0-90,5         |      | 6,5-7,5    |      |      |      | Зал. |      |   |
| ПлИ 950-50      | 950   | 95,0-95,5         | Зал. |            |      |      |      |      |      |   |
| ПлПд 950-50     |       | 95,0-95,5         |      | Зал.       |      |      |      |      |      |   |
| ПлРд 950-50     |       | 95,0-95,5         |      |            | Зал. |      |      |      |      |   |
| ПлМ 950         |       | 95,0-95,5         |      |            |      | Зал. |      |      |      |   |
| ПлПдРе 950-25** |       | 95,0-95,5         |      | 2,0-3,0    |      |      | Зал. |      |      |   |
| ПлПдКр 950-30   |       | 95,0-95,5         |      | 2,5-3,5    |      |      |      | Зал. |      |   |

### 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ

| Сплав     | Проба | Масова частка, %* |    |    |    |    |    |    |    |      |
|-----------|-------|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|------|
|           |       | Pt                | Ir | Pd | Rd | Cu | Re | Si | Ga | W    |
| ПлВ 950   |       | 95,0-95,5         |    |    |    |    |    |    |    | Зал. |
| Пл 990*** | 990   | 99,0-99,5         |    |    |    |    |    |    |    |      |

Примітка. \* Масова частка домішки у кожній марці сплаву не повинна перевищувати, % (за масою): Fe – 0,04; Si – 0,030; Pb – 0,015.

\*\* Сплав вміщує 0,01 ... 0,10 % It (за масою).

\*\*\* Сплав вміщує 0,5 ... 1,0 % Ti (за масою).

Таблиця 13.10 – Властивості сплавів на основі платини

| Сплав          | $\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup> | $t_L$ , °C | $t_s$ , °C | $\Delta t_{кр}$ , °C | $BP_{Ag}$ |
|----------------|---------------------------------|------------|------------|----------------------|-----------|
| ПлИ 850-150    | 21590                           | 1820       | 1800       | 20                   | 1,0       |
| ПлПд 850-150   | 16250                           | 1750       | 1730       | 20                   | 0,4       |
| ПлРд 850-150   | 19900                           | 1730       | 1710       | 20                   | 0,7       |
| ПлМ 850        | 17790                           | 1680       | 1630       | 50                   | 1,1       |
| ПлПдКр 850-120 | 16290                           | 1120       | 1100       | 20                   | 2,0       |
| ПлПдГа 850-140 | 19050                           | 1730       | 1700       | 30                   | 0,9       |
| ПлИ 900-100    | 21540                           | 1800       | 1790       | 10                   | 0,5       |
| ПлПд 900-100   | 19920                           | 1755       | 1740       | 15                   | 0,5       |
| ПлРд 900-100   | 20000                           | 1850       | 1820       | 30                   | 0,6       |
| ПлМ 900        | 18820                           | 1700       | 1650       | 50                   | 1,0       |
| ПлПдРе 900-80  | 20200                           | 1740       | 1680       | 60                   |           |
| ПлПдКр 900-70  | 16750                           | 980        | 960        | 20                   | 2         |
| ПлИ 950-50     | 21500                           | 1800       | 1790       | 10                   | 0,5       |
| ПлПд 950-50    | 20660                           | 1750       | 1700       | 25                   | 0,4       |
| ПлРд 950-50    | 20700                           | 1825       | 1800       | 25                   | 0,5       |
| ПлМ 950        | 20150                           | 1730       | 1700       | 30                   | 0,8       |
| ПлПдРе 950-25  | 21050                           | 1760       | 1700       | 60                   | 0,5       |
| ПлПдКр 950-30  | 18380                           | 1190       | 1170       | 20                   | 2         |
| ПлВ 950        | 21300                           | 1845       | 1830       | 15                   |           |

Платинові сплави мають білий колір і добрий блиск, придатні для всіх видів холодної обробки та лиття. Платино-паладієві сплави ПлПд і платино-родієві сплави ПлРд мають обмежене застосування для лиття. Подвійні сплави систем Pt–Si і Pt–Ga використовують в якості припоїв.

Плавка платинових сплавів має ряд особливостей. Оскільки у розплаві платини розчиняється вуглець і з оксидів відновлюються **Al** і **Si**, плавлення платини та її сплавів ведуть в індукційній тигельній печі, використовуючи тиглі з CaO, ZrO<sub>2</sub> або MgO, у газовому середовищі з окислювальними властивостями під невеликою кількістю борної кислоти. У разі необхідності отримання платинового сплаву без домішок **Ca** та **Mg** плавлення ведуть у відновлювальному газовому середовищі у тиглях, виготовлених із оксиду торію або оксиду цирконію.

Заливання приготовленого розплаву здійснюють на повітрі у підігріті графітові або туфові (вапняні) форми.

**13.1.4 Сплави на основі паладію.** Маркують паладієві сплави за аналогією зі сплавами на основі золота.

Хімічний склад сплавів на основі паладію наведено в таблиці 13.11.

Таблиця 13.11 – Хімічний склад сплавів на основі паладію

| Сплав*                   | Проба | Масова частка, % |      |           |      |         |      |           | Інші        |
|--------------------------|-------|------------------|------|-----------|------|---------|------|-----------|-------------|
|                          |       | Pd               | Ir   | Ag        | Ru   | Ni      | Cu   | Zn        |             |
| 1                        | 2     | 3                | 4    | 5         | 6    | 7       | 8    | 9         | 10          |
| ПдСрН 500-450            | 500   | 50,0-50,5        |      | 44,5-45,5 |      | Зал.    |      |           |             |
| ПдСрКрЦМ 500-305-0,8-0,3 |       | 50,0-50,5        |      | 30,0-31,0 |      |         | Зал. | 0,2-0,4   | 0,4-1,2 Si  |
| ПдСрН 850-130            | 850   | 85,0-85,5        |      | 12,5-13,5 |      | Зал.    |      |           |             |
| ПдМ 850                  |       | 85,0-85,5        |      |           |      |         | Зал. |           |             |
| ПдКМ 850-7,5             |       | 85,0-85,5        |      |           |      |         | Зал. |           | 7,0-8,0 Co  |
| ПдКМ 850-10              |       | 85,0-85,5        |      |           |      |         | Зал. |           | 9,5-10,5 Co |
| ПдНЦМ 850-4-1,5          |       | 85,0-85,5        |      |           |      | 3,5-4,5 | Зал. | 1,0-2,0   |             |
| ПдНЦИиМ 850-3,5-1-0,5    |       | 85,0-85,5        |      |           |      | 3,0-4,0 | Зал. | 0,5-1,5   | 0,2-0,8 In  |
| ПдМКр 850-12             |       | 85,0-85,5        |      |           |      |         |      | 11,5-12,5 | Si – Зал.   |
| ПдСр 900-100             | 900   | 90,0-90,5        |      | Зал.      |      |         |      |           |             |
| ПдИ 900-100              |       | 90,0-90,5        | Зал. |           |      |         |      |           |             |
| ПдИиМ 900-5              |       | 90,0-90,5        |      |           |      |         | Зал. |           | 4,5-5,5 In  |
| ПдКМ 900-5               |       | 90,0-90,5        |      |           |      |         | Зал. |           | 4,5-5,5 Co  |
| ПдНЦИиМ 900-4,5-2-1      |       | 90,0-90,5        |      |           |      | 4,0-5,0 | Зал. | 1,5-2,5   | 0,5-1,5 In  |
| ПдНЦИиМ 900-3,5-0,8-0,5  |       | 90,0-90,5        |      |           |      | 3,0-4,0 | Зал. | 0,5-1,2   | 0,2-0,8 In  |
| ПдМКр 900-8,5            |       | 90,0-90,5        |      |           |      |         |      | 8,0-9,0   | Si – Зал.   |
| ПдИ 950-50               | 950   | 95,0-95,5        | Зал. |           |      |         |      |           |             |
| ПдРу 950-50              |       | 95,0-95,5        |      |           | Зал. |         |      |           |             |
| ПдСрМ 950-25             |       | 95,0-95,5        |      | 2,0-3,0   |      |         | Зал. |           |             |

**13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ**

|                           |  |           |  |         |  |  |      |  |   |
|---------------------------|--|-----------|--|---------|--|--|------|--|---|
| <b>ПдСрКГа 950-35-0,8</b> |  | 95,0-95,5 |  | 3,0-4,0 |  |  |      |  | 0,6-1,0 <b>Co</b> ;<br><b>Ga</b> – Зал. |
| <b>ПдРе 950</b>           |  | 95,0-95,5 |  |         |  |  |      |  | <b>Re</b> – Зал.                        |
| <b>ПдИиМ 950-2,5</b>      |  | 95,0-95,5 |  |         |  |  | Зал. |  | 2,0-3,0 <b>In</b>                       |
| <b>ПдКМ 950-3</b>         |  | 95,0-95,5 |  |         |  |  | Зал. |  | 2,5-3,5 <b>Co</b>                       |
| <b>ПдКИи 950-4</b>        |  | 95,0-95,5 |  |         |  |  |      |  | 3,5-4,5 <b>Co</b> ;<br><b>In</b> – Зал. |

Продовження таблиці 13.11

| 1                           | 2   | 3         | 4 | 5 | 6       | 7       | 8       | 9       | 10                                      |
|-----------------------------|-----|-----------|---|---|---------|---------|---------|---------|---|
| <b>ПдНЦиМ 950-2-0,5-0,5</b> |     | 95,0-95,5 |   |   |         | 1,5-2,5 | Зал.    | 0,3-0,7 | 0,4-0,6 <b>In</b>                       |
| <b>ПдМКр 950-3</b>          |     | 95,0-95,5 |   |   |         |         | 2,5-3,5 |         | <b>Si</b> – Зал.                        |
| <b>ПдРуИт 990-5</b>         | 990 | 99,0-99,5 |   |   | 0,3-0,7 |         |         |         | <b>It</b> – Зал.                        |
| <b>ПдЦрХ 990-0,7</b>        |     | 99,0-99,5 |   |   |         |         |         |         | 0,6-0,8 <b>Zr</b> ;<br><b>Cr</b> – Зал. |
| <b>ПдНХ 990-0,6</b>         |     | 99,0-99,5 |   |   |         | 0,4-0,8 |         |         | <b>Cr</b> – Зал.                        |
| <b>ПдВИт 990-0,5</b>        |     | 99,0-99,5 |   |   |         |         |         |         | 0,4-0,6 <b>W</b> ;<br><b>It</b> – Зал.  |

Примітка. \* Масова частка домішок у сплавах: **Fe** ≤ 0,05 %; **Pb** ≤ 0,004 %; **Bi** ≤ 0,002 %.

Властивості сплавів на основі паладію наведено в таблиці 13.12.

Таблиця 13.12 – Властивості сплавів на основі паладію

| Сплав                           | Параметр                        |            |            |                      |           |
|---------------------------------|---------------------------------|------------|------------|----------------------|-----------|
|                                 | $\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup> | $t_L$ , °C | $t_s$ , °C | $\Delta t_{кр}$ , °C | $BP_{Ag}$ |
| 1                               | 2                               | 3          | 4          | 5                    | 6         |
| <b>ПдСрН 500-450</b>            | 11160                           | 1210       | 1200       | 10                   | 4,4       |
| <b>ПдСрКрЦМ 500-305-0,8-0,3</b> | 10200                           | 1050       | 915        | 135                  | 2,9       |
| <b>ПдСрН 850-130</b>            | 11830                           | 1500       | 1420       | 80                   | 3,1       |
| <b>ПдМ 850</b>                  | 11540                           | 1415       | 1360       | 55                   | 2,9       |
| <b>ПдКМ 850-7,5</b>             | 11530                           | 1390       | 1360       | 30                   | 2,1       |
| <b>ПдКМ 850-10</b>              | 11490                           | 1390       | 1360       | 30                   | 3,1       |
| <b>ПдНЦМ 850-4-1,5</b>          | 11430                           | 1350       | 1290       | 60                   | 2,0       |
| <b>ПдНЦиМ 850-3,5-1-0,5</b>     | 11450                           | 1340       | 1280       | 60                   | 2,0       |
| <b>ПдМКр 850-12</b>             | 10720                           | 1125       | 820        | 305                  | 4,1       |
| <b>ПдСр 900-100</b>             | 11980                           | 1520       | 1510       | 10                   |           |
| <b>ПдИ 900-100</b>              | 12740                           | 1690       | 1590       | 100                  | 2,0       |
| <b>ПдИиМ 900-5</b>              | 11400                           | 1500       | 1450       | 50                   | 2,3       |

**13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ**

|                                |       |      |      |     |     |
|--------------------------------|-------|------|------|-----|-----|
| <b>ПдКМ 900-5</b>              | 11730 | 1400 | 1370 | 30  | 2,1 |
| <b>ПдНЦИнМ 900-4,5-2-1</b>     | 11520 | 1385 | 1325 | 60  | 2,1 |
| <b>ПдНЦИнМ 900-3,5-0,8-0,5</b> | 11570 | 1380 | 1320 | 60  | 1,9 |
| <b>ПдМКр 900-8,5</b>           | 11220 | 1250 | 820  | 430 | 2,9 |
| <b>ПдИ 950-50</b>              | 12440 | 1610 | 1560 | 50  |     |
| <b>ПдРу 950-50</b>             | 12160 | 1580 | 1560 | 20  | 3,7 |

Продовження таблиці 13.12

| 1                            | 2     | 3    | 4    | 5   | 6   |
|------------------------------|-------|------|------|-----|-----|
| <b>ПдСрМ 950-25</b>          | 12020 | 1520 | 1500 | 20  |     |
| <b>ПдСрКГа 950-35-0,8</b>    | 12000 | 1330 | 1310 | 20  | 2,4 |
| <b>ПдРе 950</b>              | 12420 | 1565 | 1555 | 10  | 3,3 |
| <b>ПдИнМ 950-2,5</b>         | 11920 | 1340 | 1290 | 50  |     |
| <b>ПдКМ 950-3</b>            | 11950 | 1480 | 1450 | 30  | 2,6 |
| <b>ПдКИн 950-4</b>           | 11930 | 1310 | 1290 | 20  | 2,9 |
| <b>ПдНЦИнМ 950-2-0,5-0,5</b> | 11950 | 1410 | 1335 | 75  | 2,2 |
| <b>ПдМКр 950-3</b>           | 11450 | 1200 | 820  | 380 | 4,0 |
| <b>ПдРуИт 990-5</b>          | 12110 | 1560 | 1550 | 10  | 2,7 |
| <b>ПдЦрХ 990-0,7</b>         | 12010 | 1600 | 1550 | 50  | 2,7 |
| <b>ПдНХ 990-0,6</b>          | 12080 | 1550 | 1500 | 50  | 2,5 |
| <b>ПдВИт 990-0,5</b>         | 12080 | 1550 | 1470 | 80  | 2,7 |

Сплави на основі паладію характеризуються високими ливарними та технологічними властивостями, доброю оброблюваністю та пластичністю.

Опис властивостей сплавів на основі паладію наведено в таблиці 13.13, а рекомендації щодо застосування сплавів на основі паладію наведено в таблиці 13.14.

Таблиця 13.13 – Властивості сплавів на основі паладію

| Сплав   | Властивості   |
|---|---|
| 1   | 2   |
| <b>ПдСрН 500-450, ПдСрН 850-130, ПдМ 850, ПдСр 900-100, ПдСрМ 950-25, ПдНХ 990-0,6</b>      | Високі механічні властивості. Мають інтенсивний білий колір, особливо сплави, що містять <b>Ag</b> і <b>Ni</b>                |
| <b>ПдКМ 850-7,5, ПдКМ 850-10, ПдКМ 900-5, ПдКМ 950-3, ПдСрКГа 950-35-0,8, ПдЦрХ 990-0,7</b> | Із підвищенням вмісту <b>Со</b> покращуються ливарні властивості та зростає механічна міцність. Мають інтенсивний білий колір |

**13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ**

|   |   |
|---|---|
| ПДИ 900-100, ПДИ 950-50,<br>ПдРу 950-50, ПдРе 950,<br>ПдРуИт 990-5,<br>ПдВИт 990-0,5                                    | Мають високу зносостійкість і корозійну стійкість. Мають яскравий білий колір, особливо сплави, що містять <b>Re і Ru</b> |
| ПдНЦМ 850-4-1,5,<br>ПдНЦИнМ 850-3,5-1-0,5,<br>ПдНЦИнМ 900-4,5-2-1,<br>ПдНЦИнМ 900-3,5-0,8-0,5,<br>ПдНЦИнМ 950-2-0,5-0,5 | Мають стійкість до потьмяніння, яскравий білий колір із блиском, близьким до <b>Pt</b>                                    |

Продовження таблиці 13.13

| 1   | 2  |
|---|--|
| ПДИнМ 900-5,<br>ПДИнМ 950-2,5,<br>ПдКИн 950-4                               | За колірним відтінком сплави ближчі до сплавів білого золота   |
| ПдСрКрЦМ 500-305-0,8-0,3,<br>ПдМКр 850-12,<br>ПдМКр 900-8,5,<br>ПдМКр 950-3 | Використання сплавів в якості припоїв дозволяє забезпечити збіг пробності основи та паяного з'єднання при збереженні їх колірної ідентичності.<br>Добавка <b>Si</b> знижує температуру плавлення сплаву, покращує його рідкоплинність, забезпечує необхідну міцність твердопаяного з'єднання |

Таблиця 13.14 – Рекомендації з використання сплавів на основі паладію

| Сплав   | Призначення   |
|---|---|
| ПдСрН 500-450, ПдСрН 850-130,<br>ПдМ 850, ПдСр 900-100,<br>ПдСрМ 950-25, ПдНХ 990-0,6                                   | Ювелірні вироби для особистих прикрас: каблучки, кольє, брошки, браслети, кулони тощо |
| ПдКМ 850-7,5, ПдКМ 850-10,<br>ПдКМ 900-5, ПдКМ 950-3,<br>ПдСрКГа 950-35-0,8,<br>ПдЦрХ 990-0,7                           |   |
| ПДИ 900-100, ПДИ 950-50,<br>ПдРу 950-50, ПдРе 950,<br>ПдРуИт 990-5, ПдВИт 990-0,5                                       |   |
| ПдНЦМ 850-4-1,5,<br>ПдНЦИнМ 850-3,5-1-0,5,<br>ПдНЦИнМ 900-4,5-2-1,<br>ПдНЦИнМ 900-3,5-0,8-0,5,<br>ПдНЦИнМ 950-2-0,5-0,5 |   |

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| ПдИнМ 900-5, ПдИнМ 950-2,5,<br>ПдКИн 950-4                               |                                     |
| ПдСрКрЦМ 500-305-0,8-0,3,<br>ПдМКр 850-12, ПдМКр 900-8,5,<br>ПдМКр 950-3 | Припої для паяння ювелірних виробів |

Плавку паладієвих сплавів ведуть в індукційній тигельній печі в окислювальному газовому середовищі у графіто-шамотному або периклазовому тиглях.

Розкислення сплавів проводять 0,1 % **Al** (за масою) або тією ж кількістю силікокальцію, що містить 20 ... 25 % **Ca**.

Із викладеного вище випливає, що дорогоцінні метали у чистому вигляді для виробництва ювелірних виробів практично не використовують. Це зумовлено їх дорожнечою, низькими технологічністю, твердістю і зносостійкістю.

Більшості недоліків чистих благородних металів, як ливарних матеріалів для виробництва ювелірного лиття, позбавлені їх сплави. Зокрема:

- ◆ сплави золота з **Ag, Cu, Pt, Pd, Zn, Cd**;
- ◆ сплави срібла з **Cu**, які додатково можуть бути леговані **Zn, Cd, Al, Ni**;
- ◆ сплави платини з **Cu** або **Ir**, які вміщують у незначній кількості **Ru** і **Os**;
- ◆ сплави паладію з **Ir, Ag, Ru, Ni, Cu, Zn**.

Для виготовлення ювелірних виробів найбільш часто використовують сплави системи **Au–Ag–Cu**, рідше – подвійні сплави систем **Au–Ag** і **Au–Cu**. Значно рідше для виробництва ювелірних виробів використовують сплави на основі систем **Au–Pt**, **Au–Pd**, **Au–Cd**, **Ag–Cu–Cd**, **Ag–Cu**, **Ag–Zn**, **Ag–Cd**, **Ag–Al**, **Ag–Ni–Cu–Zn**, **Pt–Pd–Ag–Ni**, **Pt–Ir**, **Pt–Ru**, **Pt–Os** та ін.

### 13.2 Ювелірні сплави на основі неблагородних металів

Ювелірні вироби із неблагородних металів і сплавів називають біжутерією, деякі зразки якої, як приклад, надані на рисунках 13.27 ... 13.29.



Рисунок 13.27 – Біжутерія AZORA JEWELRY [220]

Для виготовлення біжутерії використовують мідні сплави (бронзу, латунь, нейзильбер), сталь, цинкові, титанові, алюмінієві сплави тощо. Відповідно, у таких виробках використовують дешеві замітники дорогоцінних каменів (різнобарвне скло, фіаніт, агат, бірюзу, кварц, обсидіан, затверділу епоксидну смолу тощо), а також елементи виробів, які виконані із пластмаси, кістки, дерева та ін. При необхідності ці вироби покривають позолотою, прозорим лаком, а на їх окремі елементи наносять різнокольорову емаль.







Рисунок 13.28 – Біжутерія **AZORA JEWELRY** [220]



Рисунок 13.29 – Біжутерія (каблучки та брошки) AZORA JEWELRY та CASON [220]

Хімічний склад сплавів-імітаторів, які найбільш часто використовують для виготовлення біжутерії, наведено в таблицях 13.15 ... 13.17.

Таблиця 13.15 – Хімічний склад сплавів, що імітують дорогоцінні метали

| Назва сплаву                                 | Масова частка, % |      |         |           |      |     |     |      |     |
|--|------------------|------|---------|-----------|------|-----|-----|------|-----|
|  | Cu               | Zn   | Sn      | Al        | Fe   | Au  | Ni  | Cr   | Pb  |
| <i>Бронза</i>                                |                  |      |         |           |      |     |     |      |     |
| Ауфір (аурал, амфор)                         | 90               |      |         | 10        |      |     |     |      |     |
| Батбронза                                    | 94               |      | 6       |           |      |     |     |      |     |
| Хризокальк                                   | 90               | 3    | 7       |           |      |     |     |      |     |
| Нюрнбергське золото                          | 91               |      |         | 7         |      | 2   |     |      |     |
| Абіссінське золото                           | 88               |      | 11,5    |           |      | 0,5 |     |      |     |
| <i>Латунь</i>                                |                  |      |         |           |      |     |     |      |     |
| Французьке золото або Орайде                 | 80               | 15   | 5       |           |      |     |     |      |     |
|  | 86               | 13   | 0,4     |           | 0,6  |     |     |      |     |
| Мангеймське золото аба Симілор               | 83,6             | 9,4  | 7       |           |      |     |     |      |     |
| Хризат                                       | 63               | 36,8 |         |           |      |     |     |      | 0,2 |
| Гамільтон-метал                              | 66,7             | 33,3 |         |           |      |     |     |      |     |
| Вігольді                                     | 68               | 31   |         | 0,8       |      |     |     |      | 0,2 |
| Пінчбек                                      | 93-83            | 7-17 |         |           |      |     |     |      |     |
| <i>Сталь високовуглецева корозійностійка</i> |                  |      |         |           |      |     |     |      |     |
| Бельгіка                                     |                  |      |         |           | 74,5 |     | 8,9 | 16,6 |     |
| <i>Алюмінієвий сплав</i>                     |                  |      |         |           |      |     |     |      |     |
| Сплав Крунна                                 | 7,0-8,5          |      | 4,5-5,5 | 88,5-86,0 |      |     |     |      |     |

Таблиця 13.16 – Сплави на основі міді, що імітують золото

| Сплав   | Масова частка, % |    |     |    | Сплав     | Масова частка, % |    |       |        |
|---------|------------------|----|-----|----|-----------|------------------|----|-------|--------|
|         | Cu               | Zn | Al  | Ni |           | Cu               | Zn | Al    | Ni     |
| ЛЦ10    | 90               | 10 |     |    | ЛЦ27А4Мц3 | 66               | 27 | 4     | 3% Mn  |
| ЛЦ23    | 77               | 23 |     |    | БрА25     | 75               |    | 25    |        |
| ЛЦ33    | 67               | 33 |     |    | БрА10Н2   | 88               |    | 10    | 2      |
| ЛЦ15А   | 84,5             | 15 | 0,5 |    | БрА5      | 95               |    | 5     |        |
| ЛЦ10Н2  | 88               | 10 |     | 2  | БрК3Мц    | 96               |    | 1% Mn | 3% Si  |
| ЛЦ25А15 | 60               | 25 | 15  |    | БрО7Н3,5  | 89,5             |    | 7% Sn | 3,5%Ni |

Таблиця 13.17 – Сплави на основі міді, що імітують срібло

| Сплав     | Масова частка, % |    |    |    |    |    |
|-----------|------------------|----|----|----|----|----|
|           | Cu               | Ni | Zn | Al | Sn | Fe |
| ЛЦ20Н20Ж3 | 57               | 20 | 20 |    |    | 3  |
| ЛЦ30Н15   | 55               |    | 30 | 15 |    |    |
| ЛЦ20Н20А3 | 57               | 20 | 20 | 3  |    |    |
| ЛЦ25Н11О5 | 59               | 11 | 25 |    | 5  |    |
| ЛЦ23Н15Ж2 | 60               | 15 | 23 |    |    | 2  |
| ЛЦ29Н16   | 55               | 16 | 29 |    |    |    |
| ЛЦ16Н18   | 66               | 18 | 16 |    |    |    |

### 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ

Для виробництва біжутерії найбільш часто використовують мідні сплави.

**Бронза** – сплав міді, в якого основними легувальними компонентами є **Sn, Fe, Si, Mn, Al, Pb** та інші хімічні елементи за винятком **Zn** та **Ni**.

**Латунь** – сплав **Cu** та **Zn**, який може додатково містити у собі **Pb, Sn, Fe** тощо. Латуні, що містять від 10 до 20 % **Zn**, називають томпаками. Сплави **Cu** з високим вмістом **Ni** або **Zn** та **Ni** називають нейзильберами та мельхіорами.

Вироби із мідних сплавів недостатньо корозійностійкі, у зв'язку з чим їх покривають лаком. Введення у латунь до 0,3 % **Al** підвищує корозійну стійкість виробів, покращує якість їх литої поверхні. Використання берилієвої бронзи дозволяє отримувати вироби з високою твердістю, міцністю, стійкістю до корозії.

Мідно-нікелеві сплави (мельхіори, нейзильбери) характеризуються високими декоративними властивостями, імітуючи срібло. У порівнянні з мельхіорами, нейзильбери характеризуються кращими ливарними властивостями, більшою міцністю, мають красивий сріблястий колір і не окислюються (не темніють) на повітрі. Із цієї причини у виробництві ювелірного лиття мельхіори практично не використовують.

Із метою надання виробам зі сплавів нешляхетних металів більш презентабельного вигляду і для їх захисту від корозії, оброблені виливки піддають позолочуванню. У таких випадках литво виготовляють із подвійних чи потрійних сплавів, хімічний склад яких наведено в таблиці 13.18.

Таблиця 13.18 – Склад мідних сплавів, призначених для позолочення [188]

| Масова частка, %<br>(залишок – Cu) |           | Кольори та відтінки<br>сплаву           | Масова частка, %<br>(залишок – Cu) |           | Кольори та відтінки<br>сплаву  |
|------------------------------------|-----------|---|------------------------------------|-----------|--------------------------------|
| <b>Sn</b>                          | <b>Zn</b> |   | <b>Zn</b>                          | <b>Pb</b> |                                |
| 5                                  |           | Червонуватий відтінок<br>кольору золота | 10                                 |           | Золотистий                     |
| 6                                  |           | Золотисто-жовтий                        | 13,5                               |           |                                |
| 1                                  | 9         | Золотий                                 | 17,5                               |           |                                |
| 9                                  | 7         |   | 28                                 |           | Золотий                        |
| 17                                 | 25        | Золотисто-жовтий                        | 32                                 |           | Золотистий                     |
|                                    | 11        | Темно-золотий                           | 8                                  | 2         | Подібний кольором<br>до золота |
|                                    | 6         |   | 40                                 | 2         |                                |

Введення у подвійну латунь інших хімічних елементів може суттєво змінити структуру та властивості вихідного сплаву, наприклад, різко знизивши його тріщиностійкість. Ця закономірність зумовлена зсувом межі існування структурних областей латуні елементами, що вводяться. Для визначення структури багатокомпонентної латуні використовують діаграму стану системи Cu–Zn, а сукупний вплив у сплав елементів, які вводяться, враховують через удаваний вміст цинку ( $Zn'$ ) у сплаві. Значення  $Zn'$  розраховують за формулою (% , за масою):

$$Zn' = 100 \cdot \frac{Zn + \sum_1^n k_i E_i}{Zn + Cu + \sum_1^n E_i},$$

де **Zn, Cu**,  $E_i$  – масовий вміст **Zn, Cu** і компоненту, який додається, у латуні, відповідно, %;  $k$  – коефіцієнт еквівалентної заміни і-го компоненту, що додається у латунь ( $k_{Si} = 11$ ,  $k_{Al} = 5$ ,  $k_{Sn} = 2$ ,  $k_{Pb} = 1$ ,  $k_{Fe} = 0,9$ ,  $k_{Mn} = 0,5$ ,  $k_{Ni} = -1,3$ ).

Негативна величина коефіцієнту  $k_{Ni}$  вказує на те, що  $Ni$  змінює структуру сплаву подібно зменшенню у сплаві вмісту  $Zn$ .

### 13.3 Дефекти литих елементів ювелірних виробів

Литим елементам ювелірних виробів із кольорових металів і сплавів, що виготовляються за витоплюваними моделями у форми на гіпсовій або будь-якій іншій основі, притаманні дефекти виливків, що виготовляються зі сплавів кольорових металів будь-якими іншими способами лиття [199, 200, 209]. Зокрема, низька газопроникність ливарної форми, її невисока початкова температура, недостатній перегрів розплаву та низька питома швидкість надходження розплаву у форму при заливанні є основними причинами появи у виливках недоливів та неоформлення гострих країв.

Надмірне насичення розплаву газами призводить не тільки до виникнення газової, а й газоусадкової пористості у виливках. У деяких сплавів на основі золота газ, який виходить із них під час проведення термообробки, стає причиною розтріскування виливків.

Газова мікропористість із порами округлої форми розташовується по всьому тілу вилівка та може бути наслідком не тільки високої насиченості розплаву газами, але й хімічної взаємодії розплаву з матеріалом ливарної форми.

Якщо газові раковини (пори) розташовуються безпосередньо під поверхнею вилівка, то причиною виникнення таких пор є взаємодія розплаву з матеріалом форми. Усунути такий дефект шліфуванням або поліруванням часто не вдається. Крім цього, при додатковій механічній обробці поверхні кількість розкритих підповерхневих пор і їх розмір може збільшуватися, що часто стає причиною відбракування виливків.

При отриманні різностінних виливків усадкова пористість може призводити до виникнення тріщин. Ймовірну природу виникнення тріщини визначають за кольором її поверхні, як, наприклад, у випадках виникнення холодних і гарячих тріщин у бронзових або мідних відливках.

Неправильна або нераціональна конструкція ливниково-живильної системи може призвести до появи усадкових дефектів як на поверхні вилівка, наприклад, у вигляді дрібних раковин з яскраво вираженою дендритною будовою, так і у вигляді компактно розташованої внутрішньої усадкової раковини або рихлості, що переходить із живильника у вилівок.

При низькій температурі перегріву розплаву або початковій температурі форми, високій теплоакумуючій здатності матеріалу форми, низькій газопроникності форми, недостатньо високій масовій швидкості надходження розплаву у форму під час заливання на поверхні вилівка можуть виникати спаї. При виробництві ювелірного виробу виправленню такий дефект не підлягає, оскільки навіть при незначній деформації або при навантаженні у місці розташування спаю виникає холодна тріщина. Як результат, виливки з тріщинами та спаями бракують остаточно. До числа остаточно браку також відносяться виливки з хвилястою поверхнею або з підвищеною шорсткістю поверхні [200].

При порушенні технологічного процесу виробництва литва до сплаву можуть потрапити сторонні неметалічні частинки. Такі включення на поверхні виробів мають вигляд окремих поверхневих пор, які заповнені неметалічними матеріалами.

### 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ

При попаданні у форму разом із розплавом флюсу або шлаку на поверхні виливка можуть з'явитися дрібні й великі шлакові включення неправильної геометричної форми ("заплутаний" шлак), які унеможливають надання блиску та товарного вигляду поверхні виробу поліруванням.

Використання різних модифікувальних і мікролегувальних присадок також може стати причиною появи дефектів на виливках. Зокрема, у сплавах на основі золота **Ir** має низьку розчинність у рідкому стані, що часто призводить до нерівномірності його розподілу у структурі виливка. У результаті утворюються тверді включення на поверхні, які є концентраторами напружень та джерелом тріщин при деформації виливка.

У наявний час для мікролегування сплавів дорогоцінних металів іноді використовують сполуки кремнію, які, виділяючись по межах зерен, окрихчують метал виливка та можуть призводити до утворення у ньому тріщин.

Аналогічно кременистим сполукам на сплави дорогоцінних металів впливає і **Pb**, присутність якого викликає крихке руйнування сплаву при його незначній розтягувальній деформації. Наявність сульфідів у сплавах призводить до утворення численних мікротріщин і газових пор на межах зерен, що різко окрихчує литу деталь ювелірного виробу [200].

На вигляд, характер розташування у виливку та розміри дефектів, що утворюються у литих елементах ювелірних виробів, сильно впливає хімічний склад сплаву, що заливається, а також його природа та кількість у ньому домішок.

Опис впливу хімічних елементів на властивості сплавів системи Al–Cu наведено в таблиці 13.19.

Таблиця 13.19 – Вплив хімічних елементів на властивості сплавів системи Ag–Cu

| Елемент   | Вплив  |
|-----------|--|
| <b>Cu</b> | Зі збільшенням від 5 до 30 % (за масою) підвищує міцність, твердість, рідкоплинність. Зі збільшенням вмісту у сріблі колір виливків змінюється від білого до блідо-рожевого, рожевого та мідно-червоного. Сплав срібла 800-ої проби має жовтувате забарвлення та малу стійкість на повітрі. Його піддають багаторазовому нагріванню та подальшому травленню, у результаті чого збільшується вміст срібла у поверхневому шарі |
| <b>Fe</b> | Погіршує оброблюваність виливків   |
| <b>Pb</b> | Надає сплавам червоноламкості  |
| <b>Sn</b> | Знижує температуру плавлення, робить сплав тьмяним   |
| <b>Al</b> | При високому вмісті утворює крихкий інтерметалід $Ag_3Al$ , сприяє утворенню у виливках спаїв, у процесі плавки окислюється і, замішуючись у сплав, окрихчує його  |
| <b>Ni</b> | При вмісті до 1 % (за масою) уповільнює зростання зерна і підвищує механічні властивості сплаву. При вмісті більше 2,5 % (за масою) погіршується оброблюваність сплаву. При значно більш високому вмісті різко погіршує властивості сплавів  |
| <b>Cd</b> | Надає сплавам хімічну стійкість на повітрі та добру оброблюваність   |
| <b>H</b>  | Підвищує газоусадкову пористість виливків, при певних умовах утворює у розплаві великі газові бульбашки  |

Опис впливу хімічних елементів на властивості сплавів системи Cu–Ag–Cu наведено в таблиці 13.20.

Таблиця 13.20 – Вплив хімічних елементів на властивості сплавів потрійної системи Au–Ag–Cu

| Елемент                  | Вплив   |
|--------------------------|---|
| <b>Ag</b>                | Знижує температуру плавлення.<br>Змінює колір сплаву від жовтого до жовто-зеленого  |
| <b>Cu</b>                | Збільшує твердість, знижує температуру плавлення.<br>Збільшує гнучкість, тягучість, пластичність сплаву.<br>Змінює колір від червоного до яскраво-червоного |
| <b>Pt</b>                | Надає сплаву міцність, пружність.<br>Надає сплаву білий колір   |
| <b>Pd</b>                | Підвищує температуру плавлення та відбілює сплави.<br>Збільшує твердість, гнучкість, пластичність   |
| <b>Ni, In</b>            | Попереджають появу чорних смуг на виробі.<br><b>Ni</b> підвищує твердість сплавів, збільшує рідкоплинність.<br>Надає сплаву білий колір                     |
| <b>Zn</b>                | Підвищує текучість і твердість сплавів.<br>Поліпшує механічну оброблюваність, знижує температуру плавлення. Розкислює сплави та підвищує їх рідкоплинність  |
| <b>Cd</b>                | Знижує температуру плавлення сплавів.<br>Підвищує пластичність, гнучкість і піддатливість сплаву<br>Надає сплавам зеленуватий відтінок.                     |
| <b>Al</b>                | Розкислює сплави, надає їм тьмянний відтінок.<br>У великих кількостях окрихчує сплави   |
| <b>Pb, Sn, Si, Te, S</b> | Шкідливі домішки, які окрихчують сплави   |
| <b>P</b>                 | Розкислювач, який окрихчує сплави   |

Примітка. При прискореному охолодженні сплави золота 750, 585 і 583-ої проб набувають м'якості та пластичності, при повільному – твердості та крихкості. Щоб уникнути набуття сплавами крихкості при плавленні – не допускати значного перегрівання розплаву, а після досягнення виливками 350 ... 450 °C охолодити залиту форму зануренням у холодну воду.

Опис впливу хімічних елементів на властивості платинових сплавів наведено в таблиці 13.21.

Таблиця 13.21 – Вплив хімічних елементів на властивості платинових сплавів

| Елемент   | Вплив  |
|-----------|--|
| <b>Ir</b> | У сплаві Pt–Ir підвищує температуру плавлення, твердість і зносостійкість  |
| <b>Pd</b> | У сплаві Pt–Pd знижує температуру плавлення, підвищує пластичність, покращує ковкість і оброблюваність, освітлює сплав |

### 13. СПЛАВИ ДЛЯ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ

1. *Із числа сплавів благородних металів, сплави якої системи характеризуються найбільшими колірними можливостями?*
2. *Дайте класифікацію сплавів для ювелірного литва.*
3. *Що є основною характеристикою хімічного складу сплавів благородних металів для ювелірних виробів?*
4. *Вкажіть масовий вміст основних хімічних елементів у сплаві марки ЗлСрНЦ 750-150-7,5.*

**(Відповідь: 75 % Au, 15 % Ag, 7,5 % Ni, зал. – Zn)**

5. *Перерахуйте основні легуючі компоненти золотих сплавів.*
6. *Назвіть хімічні елементи, поліпшуючі ливарні властивості сплавів на основі благородних металів.*
7. *Який хімічний елемент, у зв'язку з його алергічним впливом, не використовують у виробках для пірсинга та носінь у ранах, що гояться?*
8. *У яких тиглях слід вести плавку золота та його сплавів, щоб уникнути насичення їх сіркою?*
9. *Який хімічний елемент, будучи розкислювачем золотих сплавів, підвищує їх рідкоплинність та заповнюваність ливарних форм?*
10. *Назвіть початкову температуру гіпсової ливарної форми при заливці сплавом на основі золота.*
11. *При якій температурі проводять випуск розплаву Au та його сплавів із печі?*
12. *Що є основною причиною появи у золотих сплавах різних хімічних елементів і, відповідно, зміни їх властивостей?*
13. *Який основний легуючий елемент містять срібні сплави, що використовують для виготовлення ювелірних виробів?*
14. *Із зменшенням вмісту якого хімічного елементу у срібних сплавах підвищуються їх ливарні властивості?*
15. *При яких температурах проводять випуск розплаву Ag та його сплавів із печі?*
16. *Назвіть початкову температуру гіпсової ливарної форми при її заливанні сплавом на основі срібла.*
17. *Назвіть хімічні елементи, що найчастіше використовують як легуючі добавки для платинових сплавів.*
18. *При яких температурах проводять випуск розплаву Pt та її сплавів із печі?*
19. *Назвіть початкову температуру ливарної форми при її заливанні сплавом на основі Pt.*
20. *Із яких матеріалів виготовляють форми для виливків із Pt та її сплавів?*
21. *Назвіть особливості плавки платинових сплавів.*
22. *При яких температурах проводять випуск розплавів Pd та його сплавів із печі?*
23. *Вкажіть масовий вміст індія у сплаві марки ПдНЦІнМ 850-3,5-1-0,5.*

**(Відповідь: 0,5 % In)**

24. *Назвіть ливарні сплави для виготовлення біжутерії.*
25. *Назвіть найбільш характерні ливарні дефекти виливків для ювелірних виробів і біжутерії.*
26. *Перерахуйте домішки, що роблять крихкими ливарні сплави із дорогоцінних металів.*



**РЕКОМЕНДОВАНИЙ БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК ДО РОЗДІЛУ 13**

Див. бібліографічний список наприкінці підручника: 188 ... 192