

УДК 621.74

Демидов Д. С., Кочешков А. С., Гавалешко Н. С., Черниш С. В.

УМОВИ УТВОРЕННЯ БІМЕТАЛЕВОГО ШАРУ СРІБЛА НА МІДІ

На сьогодні в Україні та в країнах СНД утворилось перенасичення виробів на ювелірному ринку, наслідком чого є жорстка конкуренція та великі вимоги до високої технологічності, якості та нових рішень у отриманні виробів. Саме в зв'язку з цим з'явилися вироби з біметалів, найпоширенішим з яких є вироби із сплавів білого та жовтого золота (ЗлСрПдН та ЗлСрМ відповідно) [1]. Але наразі є сенс виготовляти індивідуальні прикраси, в яких золото поєднується із сплавами срібла, золота різних кольорів, платиною та навіть із сталі. Отримання таких виробів здійснюється методом пайки.

Пайка забезпечує достатньо міцне з'єднання частин [2], але при цьому створюється додаткова технологічна ділянка у виробничому ланцюгу, що потребує додаткових витрат і, як наслідок, підвищення собівартості виробу. Доцільнішим було б отримання біметалевих виробів одразу при литті. Це можливо реалізувати двома шляхами:

- послідовним заливанням металів у одну форму;
- заливкою розплавленим металом раніше виготовлених частин виробу (вставок).

Виготовлення біметалевих виробів шляхом послідовного заливання металів дає можливість для [3]:

- створення принципово нових ювелірних прикрас вишуканого дизайну;
- значного розширення можливостей у створенні біметалевих виробів;
- розвитку нового напрямку виробництва у ювелірній справі та нумізматичі

Метою даної роботи є дослідження, направлені на визначення оптимальних умов для утворення міцного перехідного шару розплаву срібла на мідній підложці.

Для цього були виготовлені спеціальні зразки, у якості підложки яких використовували мідь (Cu), пластичний метал золотисто-рожевого кольору (при відсутності окисної плівки – рожевого) [4], виготовляється за ДСТУ № 77.120.30. А у якості наважки використовували срібло Ag 999,9 (ДСТУ 47-083-02.7-2002). Для видалення окислів, забруднень з поверхні металу, захисту його від окислення та кращого змочування в зоні контакту використовували флюси. Флюси змінні у рамках досліду, з кожним флюсом виготовлено 3 зразки згідно ГОСТ 23904-79. Маса флюсу незмінна у всіх випадках та дорівнює 0,1 г.

Відомо [5], що максимальна розчинність Cu в Ag складає 8,8 %, при цьому утворюється β – твердий розчин на основі міді (рис. 1).

При пониженні температури розчинність міді в α – твердому розчині на основі срібла і срібла в β – твердому розчині на основі міді зменшується. Це робить сплави сприйнятливими до зміцнення термічною обробкою (гартування і старіння).

Сплави, розташовані лівіше за евтектику (60,1 % Ag), називаються доевтектичними, правіше – заевтектичними. Евтектична суміш (60,1 % Ag; 39,9 % Cu) складається з α - і β -кристалів твердих розчинів [5, 6].

Під час експериментів фіксованими були такі параметри: розміри підложки та наважки; температура печі відпалу; метод нанесення флюсу, який обирався самостійно за ГОСТ 9087-81. В процесі роботи змінювали комбінації флюсів та час витримки в печі [2].

При завантаженні зібраних виробів у піч, фіксували час та температуру проведення дослідів. Зразки витримували в печі до моменту утворення галтелей срібної наважки, що відповідало початку переходу срібла у рідкий стан.

Дослідним шляхом визначили, що необхідна температура для дослідів однакова для всіх флюсів і срібла та дорівнює 915 ± 5 °С.

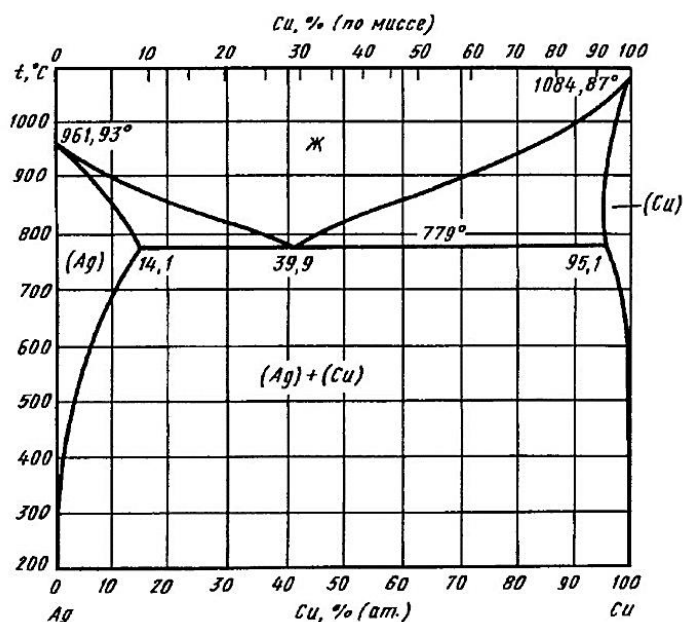


Рис. 1. Діаграма стану сплавів системи срібло – мідь

Після проведення експериментів визначали наступні параметри:

1. Кути змочування, діаметр, висоту та площу краплі.

Для визначення кута змочування на станину встановлюється металевий куб з горизонтальною поверхнею, горизонтальність якого була виміряна за допомогою рівня. На горизонтальну частину куба встановлюються зразки. За допомогою кутоміра вимірюються кути у чотирьох місцях на одному зразку та визначається середнє значення. Оскільки вимірювання проводяться у охолоджених зразках, то похибка вимірювання допускається 10...15 %.

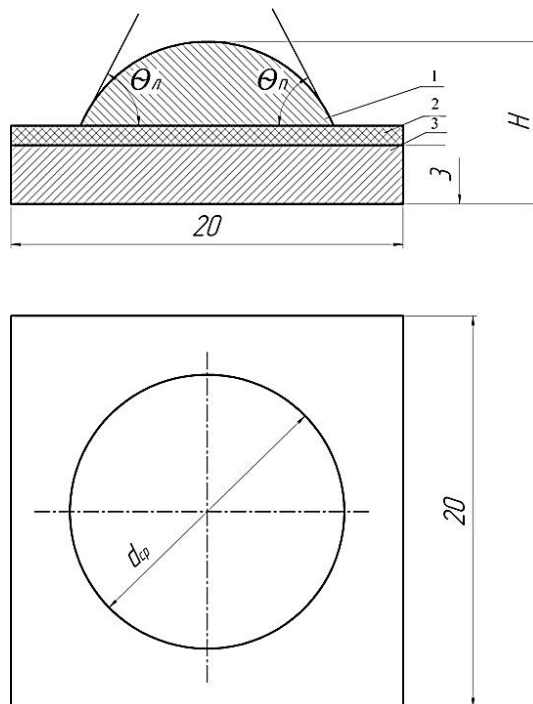


Рис. 2. Схема для розрахунку кута змочування:

1 – срібна наважка; 2 – шар флюсу; 3 – мідна підложка; θ_l, θ_{II} – кути змочування; H – загальна висота; d_{cp} – середній діаметр

Площа розтікання дає змогу дати оцінку об'єктивності вимірів крайового кута змочування та дає змогу прогнозувати фізико-механічні та естетичні властивості виробу.

2. Глибина проникнення наважки у підложку.

Для визначення товщини перехідного шару робили знімки фотокамерою з мікроскопу марки ЛабоМет – I варіант 1 при збільшенні $\times 100$, а потім за допомогою лінійки, вимірювали товщини перехідного шару не менше ніж у 5-ти точках, та визначали середнє значення.

3. Перехідний шар біметалевого зразка.

Мікроскопічні дослідження структури та хімічного складу перехідного шару виконували на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106 I. Для цього вибирали та досліджували найбільш якісні зразки з кожної групи з'єднань.

В результаті дослідів видно, що механізм взаємної дифузії металів Ag–Cu був дещо ускладнений, за рахунок деяких побічних ефектів, зокрема розчиненням твердої міді у розплаві. Визначено, що система металів Ag–Cu є системою з повною взаємною розчинністю. Розглянуті метали легко дифундують один в одного з утворенням твердих розчинів змінної концентрації.

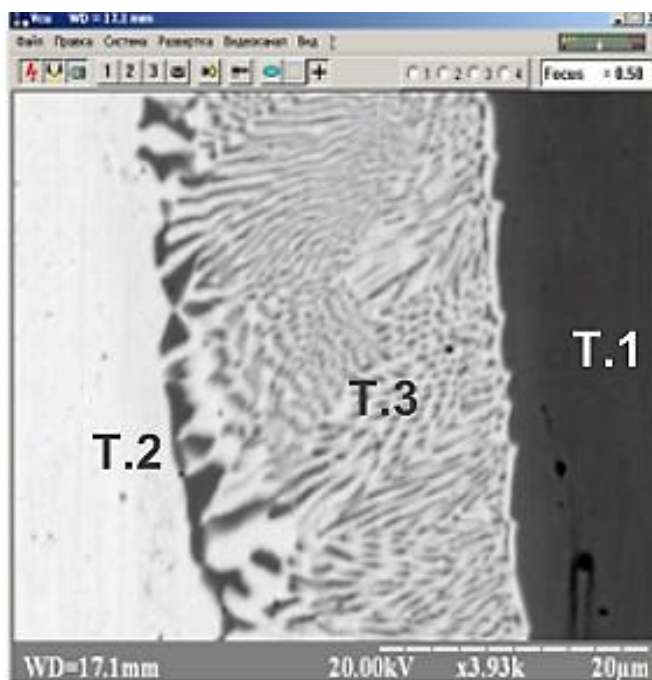


Рис. 2. Перехідний шар Ag–Cu у зразку з сумішшю бури та борної кислоти 1:2:
T.1 Ag 100 %, Cu 0 %; T.2 Ag 0,47 %, Cu 99,53 %; T.3 Ag 62,32 %, Cu 37,68 %

Визначення фізико-механічних властивостей перехідного шару: мікротвердості і міцності дифузійної зони проводились беручи до уваги попередні результати, були обрані найоптимальніші серії зразків з найбільшим значенням товщини перехідного шару. А саме з використанням таких флюсів: ПВ-209, борної кислота та для порівняння зразок без використання флюсу.

При визначення твердості використовується калібрована машина для вдавлювання алмазного індентора певної форми під випробовуванням навантаженням від 1 до 1000 гс в поверхню випробовуваного матеріалу і оптичного вимірювання діагоналі.

Дослідження мікротвердості проводилася на мікротвердомірі марки ПМТ-3, загальне збільшення якого з укомплектованими об'єктивами становить $\times 420$ та $\times 130$ (ГОСТ 9450-76 «Вимірювання мікротвердості вдавлювання алмазних наконечників»).

Методика визначення мікротвердості по зразку та фотографія зразка при визначенні мікротвердості зображена на рис. 3 та на рис. 4.

Автори роботи [7] описують взаємозв'язок між твердістю та міцністю як:

$$HV = 3,2\sigma_B, \tag{1}$$

де HV – твердість за Вікерсом, кгс/мм²;

σ_B – міцність при розриві, МПа.

Результати дослідів з визначення мікротвердості та міцності зображені на рис. 5–6.

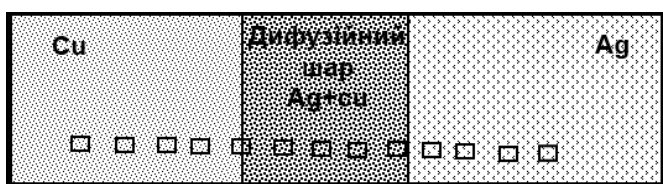


Рис. 3. Схема визначення мікротвердості

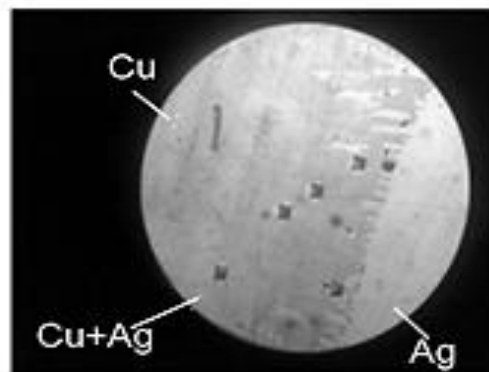


Рис. 4. Фотографія зразка при визначенні мікротвердості на дифузійному шарі (при збільшенні × 420)

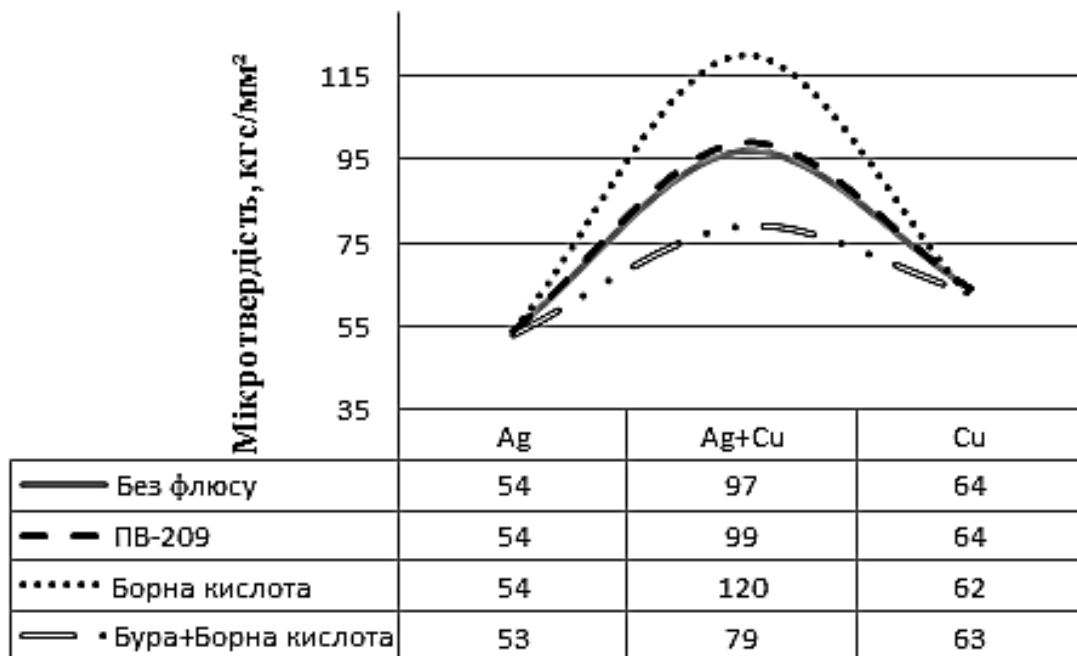


Рис. 5. Значення мікротвердості у різних зонах зразків

Результати дослідів підтверджують, що значення мікротвердості зростає в дифузійній зоні Ag + Cu, оскільки в результаті атомної дифузії, по обидва боки від площини з'єднання металів, утворився α -твердий розчин з плавно змінною концентрацією. Найкращі результати спостерігаються при використанні в якості флюсу борної кислоти.

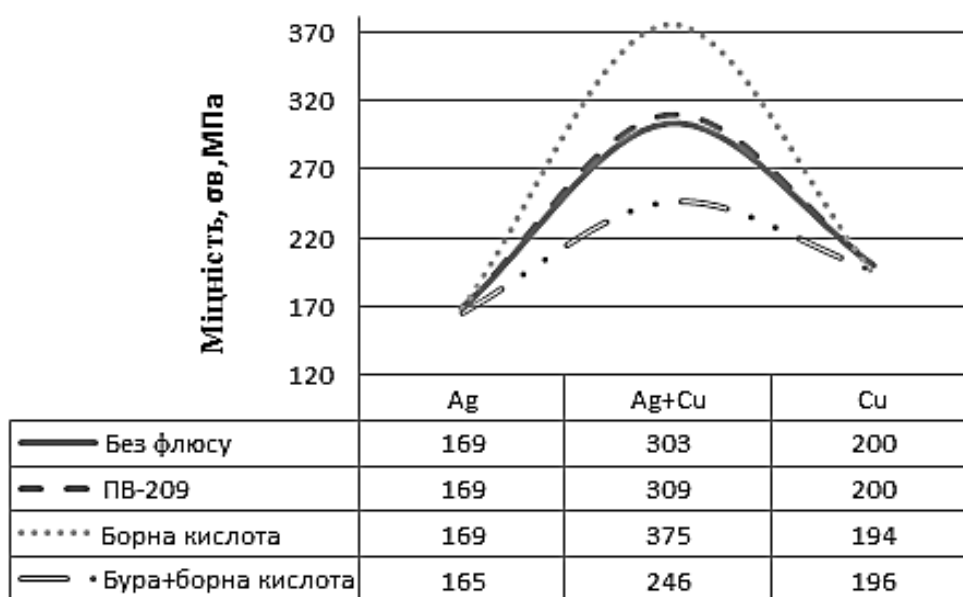


Рис. 6. Значення міцності у різних зонах зразків

ВИСНОВКИ

Найбільше значення товщини перехідного шару дорівнює 0,18...0,19 мм, у випадку нанесення на мідну основу суміші бури та борної кислоти у співвідношенні 1:2.

Найкраща змочуваність срібла на мідній основі досягнута при нанесенні флюсу ПВ-209 (значення кута змочування в межах 570...580). Інші покриття мідної основи розташувалися відповідно ПВ-209 наступним чином: суміш бури та борної кислоти у співвідношенні 1:2, бура, борна кислота, суміш бури та борної кислоти у співвідношенні 2:1, без флюсу, суміш бури та борної кислоти у співвідношенні 1:1.

Найкраща взаємопроникненість металів у перехідному шарі спостерігалась у випадку офлюсовування борною кислотою 47,88 % Ag та 52,12 % Cu. Далі, у порядку зменшення проникності: суміш бури та борної кислоти у співвідношенні 1:2, суміш бури та борної кислоти у співвідношенні 1:1, ПВ-209, без флюсу, суміш бури та борної кислоти у співвідношенні 2:1, бура.

Згідно діаграми стану Ag–Cu визначили, що у випадку з офлюсовування сумішшю бури та борної кислоти у співвідношенні 1:2, фактичне значення взаємопроникненості металів найближче до значення евтектик.

Визначено, що при використанні борної кислоти у якості флюсу в дифузійній зоні спостерігається найбільше значення мікротвердості, яке становить 119...120 кгс/мм², встановлена міцність 374...375 МПа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тим МакКрайт Практическое литьё / Тим МакКрайт. – Омск : Наследие, 2002. – 164 с.
2. Лакедемонский А. В. Паяние и припой / А. В. Лакедемонский, В. Е. Хряпин. – М. : Металлургиздат, 1958. – 230 с.
3. Матеріали III Міжнародного Симпозіума Ювелірів – СПб, 2004.
4. Металлы и сплавы. Справочник / под ред. Ю. П. Солнцева; НПО «Профессионал», НПО «Мир и семья». – Санкт-Петербург, 2003. – 1090 с.
5. Справочник. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди. – М. : Наука, 1979. – 248 с.
6. Лякишева Н. П. Диаграммы состояния двойных металлических систем / Н. П. Лякишева. – М. : Машиностроение, 1996. – 200 с.
7. Глезер А. М. Разработка методики измерений механических свойств тонких ленточных материалов / А. М. Глезер, О. Л. Утевская. – М. : Металлургия, 1983. – 100 с.

Стаття надійшла до редакції 04.11.2011 р.