

Шифр «**КОНВІСАРСТВО<sup>1</sup>**»

Дослідження деяких конвісарських виробів  
середини XVIII ст. зі зібрання Львівського історичного музею

<sup>1</sup>**КОНВІСАРСТВО.** Виливання з олова ліхтарів, свічників, посуду тощо. В Україні відоме з XV ст.

Див. Великий тлумачний словник сучасної української мови / Уклад. і голов. ред. В.Т. Бусел. – К.: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2001. – 1440 с.

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП .....	3
1 ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЕКЦІЇ КОНВІСАРСЬКИХ ВИРОБІВ ЛЬВІВСЬКОГО ІСТОРИЧНОГО МУЗЕЮ .....	4
2 МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ....	6
2.1 Характеристика матеріалу досліджень .....	6
2.2 Методики досліджень .....	7
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХНЄ ОБГОВОРЕННЯ.....	11
3.1 Результати рентгенофлюоресцентної спектроскопії.....	11
3.2 Результати рентгенофазового аналізу.....	11
3.3 Результати визначення густини та складу .....	13
3.4 Результати досліджень мікроструктури .....	16
ВИСНОВКИ.....	18
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	19

## ВСТУП

Олово — один з найдавніших металів, котрий використовували люди. У V...IV тисячолітті до н.е. його застосовували в Китаї в сплавах з міддю для виготовлення зброї, прикрас, домашнього начиння. Уже з II...I тисячоліття до н.е. олов'яну руду добували на Британських островах в Корнуоллі, родовища якого в XI...XII ст. були основним джерелом цього металу в Європі, Єгипті та Передній Азії. У Європі з XII ст. почали розробляти родовища руд олова в Саксонії (сучасна Німеччина) і Богемії (сучасна Чеська республіка), а з XIV століття в Європу почав надходити цей метал з Малайзії.

У ці часи олово використовували переважно для виготовлення бронз. Як окремий матеріал для виготовлення посуду, олово почали використовувати ще за часів Римської імперії, де на початку нашої ери, а широко виробляти посуд з нього, такі європейські країни як Англія, Голландія, Німеччина, Польща (Львів належав до Речі Посполитої) почали в XIV...XV ст.

У середньовіччі виготовленням ужиткових олов'яних виробів займалися майстри конвісари, котрі були організовані в цехи.

У той час олово приблизно у 5...6 разів було дорожче за свинець, а свинець додавали до олова, бо він покращував рідкотекучість під час виготовлення виробів литтям. Разом з тим, уже в середньовіччі, було відомо про токсичність свинцю, і, тому його кількість у сплавах з оловом, які використовували для виготовлення посуду, обмежували. Для цього на виробках виробник повинен був ставити клейма, які б мали інформувати споживачів щодо якості сплаву.

Контроль за якістю виробів і дотримання правил клеймування, за наказами правителів середньовічних держав (королів), мали здійснювати керівники цехів конвісарів або міська влада, якщо місто мало Магдебургське право, як Лівів.

## 1 ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЕКЦІЇ КОНВІСАРСЬКИХ ВИРОБІВ ЛЬВІВСЬКОГО ІСТОРИЧНОГО МУЗЕЮ

У Львівському історичному музеї (ЛІМ) є колекція з понад 130 виробів конвісарства XVI — XIX ст., з різних країн Європи [1, 2]. Пам'яток цього ремесла збереглося небагато, бо вироби з олова, котрі вийшли з ужитку, часто були брухтом для виготовлення нових виробів. Також, в олов'яних виробах за низьких температур (менших за 13,2 °С) відбувається поліморфне  $\beta \rightarrow \alpha$  перетворення. Причому, швидкість  $\beta \rightarrow \alpha$  перетворення збільшується, зі збільшенням ступеню переохолодження, підвищенням чистоти і збільшенням деформації під час обробки. Під час цього перетворення змінюються властивості, передусім густини:  $\alpha$ -олово (сіре олово) має густину 5,846 г·см<sup>-3</sup>, а  $\beta$ -олово (лите біле олово) — 7,298 г·см<sup>-3</sup> [3]. Тобто, вироби з олова «хворіють», так званою «олов'яною чумою», внаслідок чого вони повністю або частково, перетворюються на порошок (рис. 1, а).

Також олов'яний посуд може ушкоджуватися через недогляд під час приготування їжі (рис. 1, б).



а



б

а – інвентарний № МТ-869 «олов'яна чума»;

б – інвентарний № МТ-823 пропалене дно

Рисунок 1.1 — Ушкоджені олов'яні тарілки зі зібрання ЛІМ

У середньовічному Львові для впорядкування різних цехових справ між краківськими та львівськими конвісарями у 1567 році була укладена мирова угода, яка стосувалася взаємин між цехами. У ній, зокрема, заборонялося львівським конвісарам працювати з оловом низької проби (так званим «простим»). Проба олова мала бути не нижчою за 12, а контролювати дотримання проби мали радники (райці) міської ради [4].

Зберігся архівний документ у Львівській науковій бібліотеці ім. В. Стефаника. Судячи з цього документу (рис. 1.2), в другій половині XVIII ст. у Львові використовували такі проби та клейма до них:



Рисунок 1.2 — Проби та клейма львівських конвісарів для олов'яних виробів, котрі виготовлялися з 1784 року [5]

У колекції олов'яного посуду з ЛІМ є сервіз (91 предмет), котрий до 1916 року належав монастиреві Сестер сакраменток у Львові [6, 7]. Це переважно тарілки середини — другої половини XVIII ст., виготовлені різними майстрами Львова, Гданська та Йорку. До сьогодні вони належно не вивчені, не введені в науковий обіг, а багато з них потребують реставрації.

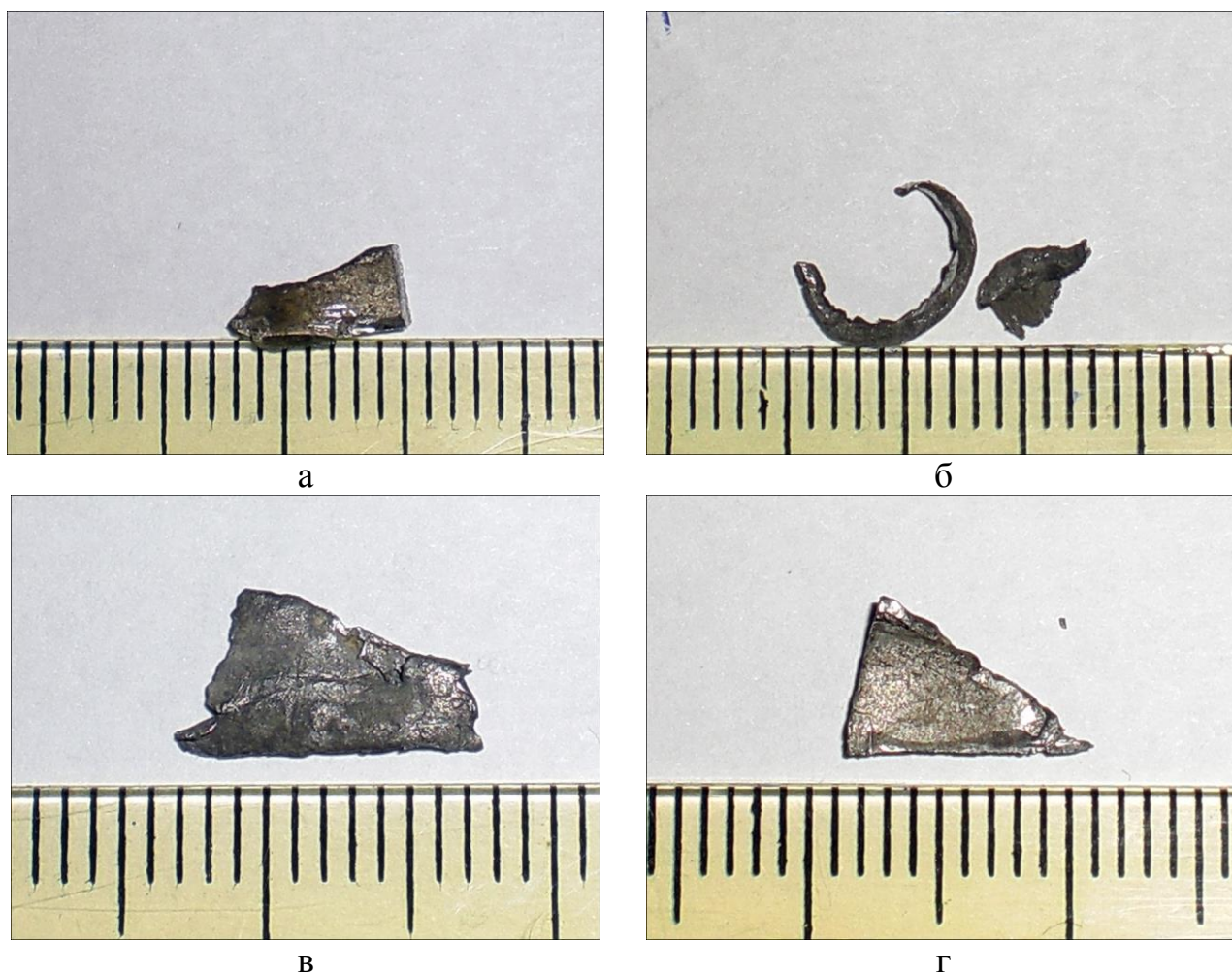
Для проведення реставраційних робіт, складання програм консервації, стабілізації та використання певних методик реставрації потрібно мати дані щодо хімічного складу, встановлення виду і характеру ушкоджень [8, 9, 10].

Робота є спробою застосувати інструментальні матеріалознавчі дослідження до згаданих пам'яток конвісарства.

## 2 МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Характеристика матеріалу досліджень

Для дослідження відібрали зразки з чотирьох тарілок колекції ЛІМ, котрі мали такі інвентарні номери [11]: МТ-828, МТ-916, МТ-823, МТ-869 (рис. 2.1). Треба зазначити, що в інвентарній книзі, у графі «МАТЕРІАЛ», помилково вказано цинк, а не олово (від назви польською мовою металу «олово» — «супа») [11].



а – інвентарний № МТ-828; б – інвентарний № МТ-916;  
в – інвентарний № МТ-823; г – інвентарний № МТ-869

Рисунок 2.1 — Проби, відібрані з тарілок для виготовлення зразків для досліджень

## 2.2 Методики досліджень

У роботі, досліджували елементний склад тарілок спектральним рентгенофлюоресцентним елементним аналізатором «EvalaxLight», фазовий рентгеноструктурний аналіз проводили на дифрактометрі ДРОН-4.07М. Густина визначали методом гідростатичного зважування на терезах моделі «Radwag PS». Мікроструктурний аналіз проводили за допомогою мікроскопа ММТ-14Ц за збільшень від 100 до 500 разів. Мікроструктуру документували окуляр-камерою LCMOS14000KPA, використовуючи програмне забезпечення для обробки зображення з цифрових камер TourView.

### 2.2.1 Спектральний рентгенофлюоресцентний елементний аналіз

У рентгенофлюоресцентному спектральному аналізаторі «EvalaxLight» використовується випромінювання з довжинами хвиль від 0,04 до 1,8 нм. Під час рентгенівської флуоресценції атоми одного хімічного елемента випромінюють фотони зі строго певною енергією, яка фактично не залежить від хімічної будови речовини [12].

Поверхню зразків перед вимірюванням шліфували на дрібнозернистому шліфувальному папері та промивали етиловим спиртом. Аналіз проводили в струмені гелію.

### 2.2.2 Рентгенофазовий аналіз

Рентгенофазовий аналіз був одним з основних методів, який використовували під час визначення фазового складу [13, 14]. Дослідження фазового складу зразків, вилучених з тарілок, проводили на дифрактометрі ДРОН-4.07М в інтервалі кутів  $2\Theta$  величиною від  $30^\circ$  до  $90^\circ$  з кроком  $0,04^\circ$ . Використовували мідний анод, котрий має випромінювання з довжиною хвилі –  $\lambda_{Cu_{K\alpha}} = 0,154184$  нм. Технологічні параметри: напруга на трубці —  $U = 40$  кВ, сила струму —  $I = 20$  мА.

Фазовий аналіз проводили на основі ідентифікаційних карт Картотеки ICDD від 2012 року.

### 2.2.3 Визначення густини гідростатичним зважуванням

Густину зразків твердих тіл  $\rho$  гідростатичним зважуванням визначали за формулою,  $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$ :

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \cdot \rho_0, \quad (2.1)$$

де  $m_1$  – маса зразка на повітрі, г;

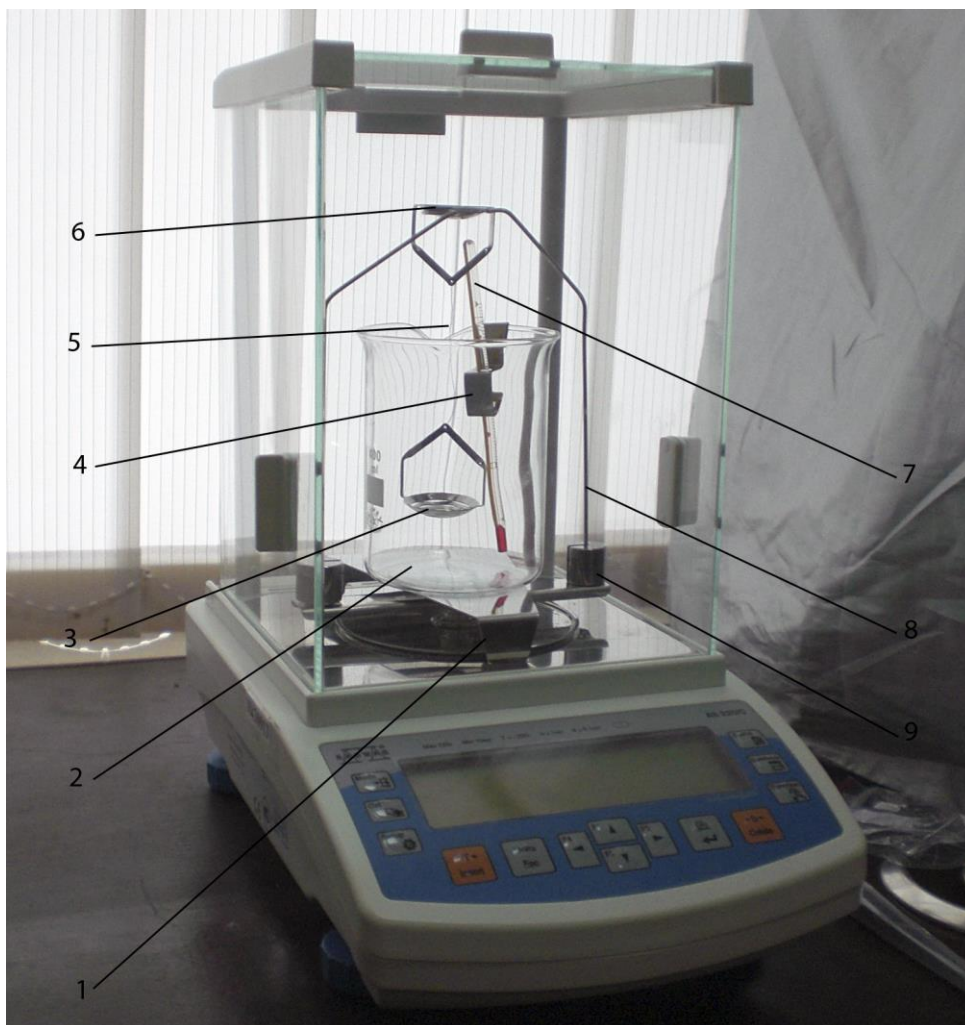
$m_2$  – маса зразка у воді, г;

$\rho_0$  – густина води за температури випробовувань,  $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$ .

Для визначення густини зразків гідростатичним зважуванням використовували терези моделі «Radwag PS» з пристосуванням для вимірювання густини фірми «Radwag» (див. рис. 2.2) [15].

Вимірювання проводили так. Зразки спочатку зважували на повітрі, вкладаючи їх на верхню тарілку 6. Потім їх зважували на нижній тарілці 3, яка занурена в дистильовану воду, налиту в склянку 2, котру встановлюють на терези на підставку 1. Нижня тарілка 3 підвішена до верхньої тарілки 6 за допомогою підвісу 5, виготовленого з дротини діаметром 0,2 мм з неіржавіючої сталі. Під час зважування контролюють температуру води термометром 7, котрий за допомогою тримача 4, закріплюють на склянці 2. Під час зважування зразків, котрі мають масу меншу за 0,5 г, на основу вішака для тарілок 8 встановлюють додаткові вантажі 9.





- 1 – підставка для склянки; 2 – склянка;  
 3 – нижня тарілка для вимірювання густини твердих тіл;  
 4 – тримач термометру; 5 – підвіс нижньої тарілки;  
 6 – верхня тарілка для вимірювання густини твердих тіл;  
 7 – термометр; 8 – вішак для тарілок; 9 – додатковий тягарець

Рисунок 2.2 — Пристосування для визначення густини твердих тіл на терезах моделі «Radwag PS»

Густину, терези моделі «Radwag PS», визначають автоматично.

#### 2.2.4 Мікроструктурний аналіз

Зразки досліджували за допомогою мікроскопа ММТ-14Ц. Для документування мікроструктури він був оснащений цифровою окуляр–камерою LCMOS14000КРА. Дослідження мікроструктури проводили за збільшень від 100 до 500 разів.

Площинність мікрошліфів забезпечували, закріплюючи зразки в трубчастих алюмінієвих оправках, за допомогою епоксидної смоли ЕДП-5[16]. Після надійної фіксації зразків у необхідному положенні мікрошліфи полірували до дзеркального блиску вручну алмазними пастами, змінюючи напрям руху шліфів на  $90^\circ$  для більш рівномірного оброблення всієї їхньої поверхні. Алмазні пасти наносили щоразу на свіжі носії у такій послідовності:

АСМ40/28 → АСМ14/10 → АСМ7/5 → АСМ5/3 → АСМ3/2 → АСМ2/1

Неметалеві включення та дефекти виявляли на полірованих зразках. Загальну мікроструктуру досліджували після хімічного контрастування 4 % розчином нітратної кислоти  $\text{HNO}_3$  в нерозведеному етиловому спирті  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  [17]. У процесі полірування та під час хімічного контрастування шліфи періодично знемащували та просушували етиловим спиртом, нанесеним на ватні тампони.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХНЄ ОБГОВОРЕННЯ

#### 3.1 Результати рентгенофлюоресцентної спектроскопії

У всіх тарілках (див. табл. 3.1) основним елементом є олово, котре міститься в кількості від 97 % до 77 %. Свинець є другим основним елементом, кількість якого становить від 12,4 % до 20,5 % в усіх тарілках, за винятком тарілки з інвентарним номером МТ-828, у котрій його міститься на рівні домішки — 1,13 %. Ще одним елементом, котрий виявили в усіх тарілках у невеликій кількості, від 1,38 % до 0,53 %, є мідь.

Таблиця 3.1 — Результати визначення елементного складу

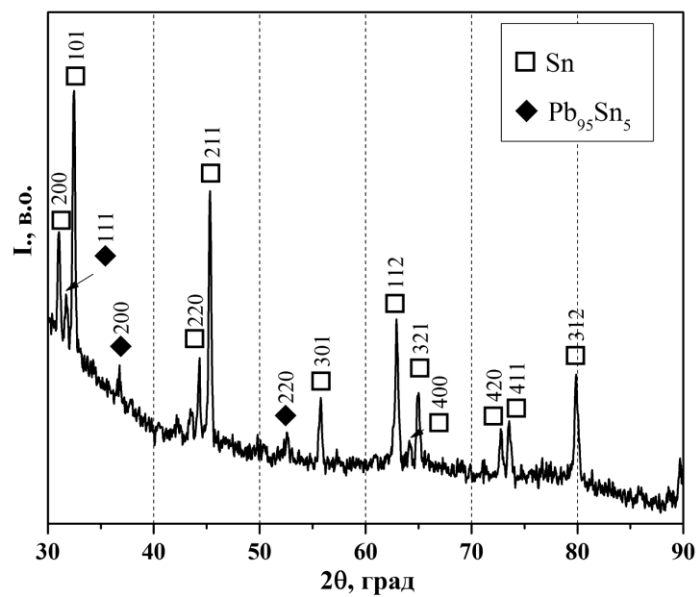
Інвентарний номер тарілки	Масова частка елементів, %						
	Sn	Pb	Sb	Zn	Cu	Fe	Bi
МТ-828	97,09±0,07	1,13±0,01	—	—	1,30±0,01	—	0,40±0,01
МТ-916	86,64±0,11	12,40±0,05	—	0,14±0,01	0,57±0,01	0,19±0,01	—
МТ-823	83,09±0,11	13,76±0,05	1,40±0,12	—	1,38±0,01	—	0,26±0,03
МТ-869	76,91±0,14	20,55±0,08	1,06±0,14	0,57±0,11	0,53±0,01	0,36±0,02	—

Тарілка з інвентарним номером МТ-828 містить домішку вісмуту. Інші тарілки містять домішки сурми, цинку, заліза та вісмуту в різних співвідношеннях та кількостях від 1,5 % до кількох десятих відсотка. Суттєвого впливу на ливарні властивості сплавів вони не чинять, а швидше за все потрапили в тарілки зі сировини. Для того щоб встановити їхнє походження дуже мало вихідних даних.

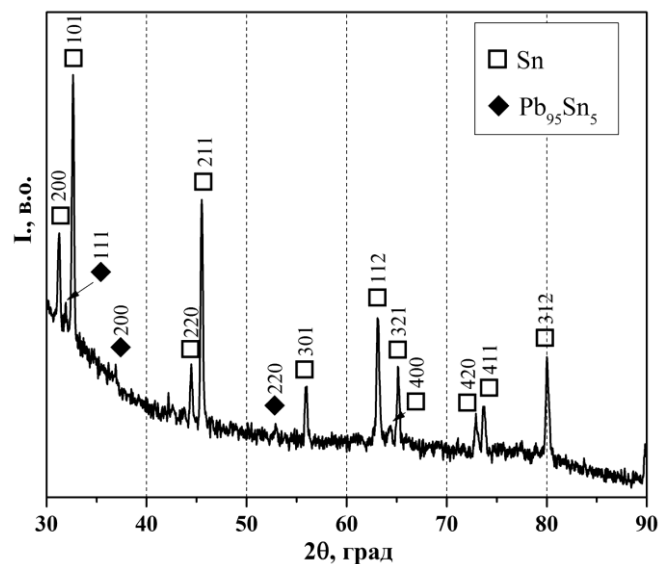
#### 3.2 Результати рентгенофазового аналізу

Для проведення рентгенофазового аналізу належним чином треба було виготовити з тарілок порошкові проби. Проте матеріал тарілок, котрий містить (за результатами рентгенофлюоресцентного аналізу), в основному, олово та

свинець, які є дуже в'язкими та пластичними металами, для виготовлення порошкових проб не надається. Тому, довелося проводити рентгенофазовий аналіз з поверхні, відібраних зразків. Але поверхня не усіх зразків придатна для коректного аналізу, до прикладу зразки з тарілки з інвентарним номером МТ-916 (рис. 2.1, б). Таким чином, рентгенофазовий аналіз провели лише з поверхні зразків, котрі відібрали з тарілок з інвентарними номерами МТ-828 та МТ-869 (рис. 3.1).



а



б

а – МТ-869; б – МТ-828

Рисунок 3.1 — Рентгенограми матеріалу тарілок

Рентгенограми (рис. 3.1, а, б) практично ідентичні та незначно відрізняються інтенсивністю деяких піків. Домішок, котрі виявив рентгенофлюоресцентний аналіз (див. табл. 3.1), рентгенофазовий аналіз не виявив, оскільки вони знаходяться в тарілках в кількостях, які є нижчі за чутливість методу.

### 3.3 Результати визначення густини та складу

Для контрольного методу визначення хімічного складу, котрий міг би використовуватися для пробірного нагляду за якістю олов'яних виробів в давнину, ми використали визначення густини. Густину вимірювали гідростатичним зважуванням на аналітичних терезах моделі «Radwag PS» з використанням пристосування для вимірювання густини фірми «Radwag» (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 — Результати вимірювання густини

Інвентарний номер тарілки	Маса зразка на повітрі, г	Маса зразка у воді <sup>1)</sup> , г	Густина зразка, г·см <sup>-3</sup>
MT-828	0,1425	0,1228	7,2235
MT-916	0,0705	0,0607	7,1839
MT-823	0,0823	0,0698	7,8169
MT-869	0,2091	0,1825	7,8501

Примітка:  
1) – температура води під час вимірювань — 18 °С, густина води —  $\rho_{18^{\circ}\text{C}} = 0,9986 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ .

Елементи, які входять до склад сплаву будуть по різному впливати на його густину (див. табл. 3.3). Так ті елементи, котрі мають густину меншу ніж густина олова будуть зменшувати величину густини сплаву, наприклад, Sb. Ті елементи, які мають густину, котра не набагато перевищує густину олова, і зважаючи, що їхня кількість перебуває на рівні домішок — на густину майже не впливають, наприклад, Zn та Fe. До елементів, густина котрих суттєво перевищує густину олова, належать Cu, Bi та Pb. З цих елементів лише Pb має велику густину і не тільки належить до важких металів, а й його кількість в

сплавах з, яких виготовлені тарілки з інвентарними номерами МТ- 916, МТ-823 та МТ-869, знаходиться в межах від 12 % до 20 % (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.3 — Густина металів, котрі входять до складу тарілок [ 6 ]

Густина чистої речовин, г·см <sup>-3</sup>						
Олово (Sn)	Свинець (Pb)	Сурма (Sb)	Цинк (Zn)	Мідь (Cu)	Залізо (Fe)	Вісмут (Bi)
7,28	11,37	6,62	7,13	8,94	7,80	9,80

Тому, у нашому випадку вважаємо, що сплав для виготовлення тарілок, складається з олова та свинцю, оскільки іншими компонентами з огляду на їхню кількість, за результатами спектрального флуоресцентного елементного аналізу (табл. 3.1), можна знехтувати, тим паче, що ні в XV ст., ні у XVIII ст. такої методики не було. У загальному випадку густина сплаву  $\rho_{\text{спл.}}$ , котрий складається з двох компонентів, визначається за формулою:

$$\rho_{\text{спл.}} = \frac{m_{\text{Sn}} + m_{\text{Pb}}}{V_{\text{Sn}} + V_{\text{Pb}}}, \quad (3.1)$$

де  $m_{\text{Sn}}$  і  $m_{\text{Pb}}$  – маса, відповідно, олова та свинцю в сплаві, г;

$V_{\text{Sn}}$  і  $V_{\text{Pb}}$  – об'єм, відповідно, олова та свинцю в сплаві, см<sup>3</sup>.

Якщо, у формулі (3.1) виразити невідомі об'єми  $V_{\text{Sn}}$  і  $V_{\text{Pb}}$  через відомі густини олова  $\rho_{\text{Sn}}$  та свинцю  $\rho_{\text{Pb}}$ , тоді одержимо формулу:

$$\rho_{\text{спл.}} = \frac{(m_{\text{Sn}} + m_{\text{Pb}}) \cdot \rho_{\text{Sn}} \cdot \rho_{\text{Pb}}}{m_{\text{Sn}} \cdot \rho_{\text{Pb}} + m_{\text{Pb}} \cdot \rho_{\text{Sn}}}. \quad (3.2)$$

Позначимо співвідношення мас компонентів через  $\alpha = \frac{m_{\text{Sn}}}{m_{\text{Pb}}}$  і підставимо у формулу (3.2). Тоді будемо мати:

$$\rho_{\text{спл.}} = \frac{(\alpha + 1) \cdot \rho_{\text{Sn}} \cdot \rho_{\text{Pb}}}{\alpha \cdot \rho_{\text{Pb}} + \rho_{\text{Sn}}} . \quad (3.3)$$

Якщо для густин дійсне співвідношення  $\rho_{\text{Pb}} > \rho_{\text{спл.}} > \rho_{\text{Sn}}$ , то з урахуванням формули (3.3) зв'язок між густиною сплаву  $\rho_{\text{спл.}}$  та співвідношенням мас компонентів  $\alpha$  будемо мати рівним:

$$\alpha = \frac{\rho_{\text{Sn}} \cdot (\rho_{\text{Pb}} - \rho_{\text{спл.}})}{\rho_{\text{Pb}} \cdot (\rho_{\text{спл.}} - \rho_{\text{Sn}})} . \quad (3.4)$$

Відсотковий вміст компонентів  $X_{\text{Sn}}$  та  $X_{\text{Pb}}$  будуть дорівнювати:

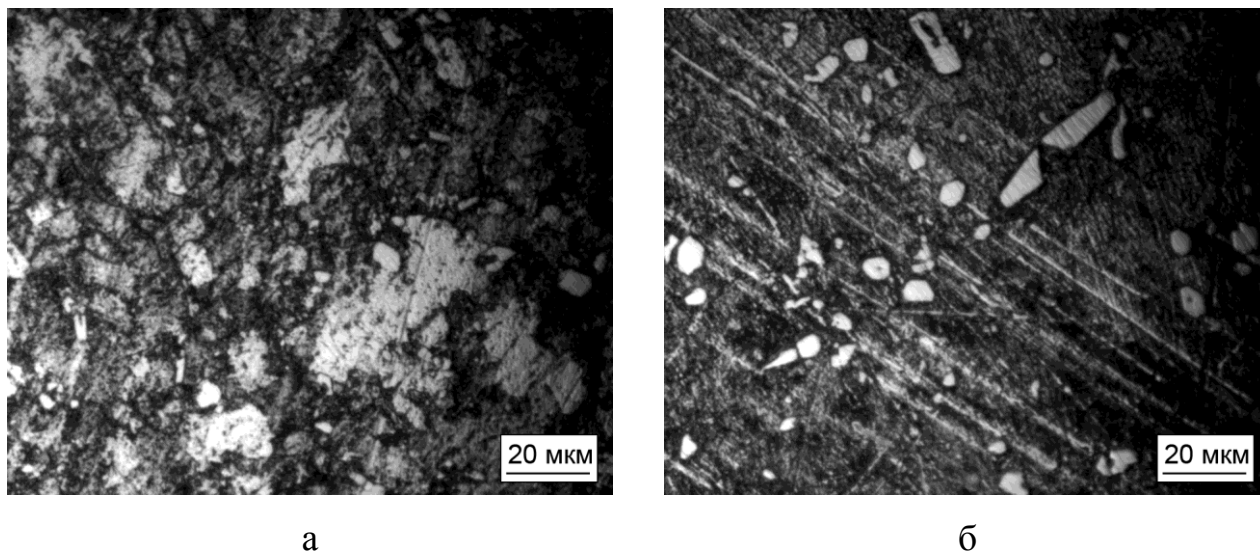
$$X_{\text{Sn}} = \frac{m_{\text{Sn}}}{m_{\text{спл.}}} \cdot 100 \% \quad \text{та} \quad X_{\text{Pb}} = \frac{m_{\text{Pb}}}{m_{\text{спл.}}} \cdot 100 \% . \quad (3.5)$$

Метод визначення відсоткового вмісту компонентів за густиною дає значну похибку.

Ми визначили вміст компонентів лише в сплаві тарілки з інвентарним номером МТ-869. Якщо підставити значення з табл. 3.2 та табл. 3.3 і провести розрахунки з формулами (3.1)–(3.5) то одержимо масу свинцю у сплаві  $m_{\text{Pb}} = 0,041\text{г}$ , а відсотковий вміст свинцю у сплаві тарілки з інвентарним номером МТ-869 становить  $X_{\text{Pb}} = \frac{m_{\text{Pb}}}{m_{\text{спл.}}} \cdot 100 \% = 20,5 \%$ . Це дуже добре корелює з даними табл. 3.1

### 3.4 Результати досліджень мікроструктури

Мікроструктурний аналіз провели лише для тарілок з інвентарними номерами МТ-828 та МТ-869, оскільки, зразки відібрані з інших тарілок мають дуже малу масу.



а

б

а – МТ-869; б – МТ-828

Рисунок 3.2 — Мікроструктура матеріалу тарілок

Мікроструктура зразка МТ-869 складається зі світлих та темних зерен. Границями темних зерен розташовані дрібні округлі включення розміром від 0,5 мкм до 2,0 мкм. Більші, світлі включення розміром від 5,0 мкм до 10 мкм хаотично розташовані по всій площині мікрошліфа.

У мікроструктурі зразка, відібраного з тарілки з інвентарним номером МТ-828, виявили світлі включення розміром від 5 мкм до 25 мкм на темному тлі. Така структура пояснюється тим, що за малих концентрацій свинцю (див. табл. 3.1) в сплаві утворюється його твердий розчин в  $\beta$ -олові —  $Pb(\beta-Sn)$ . Максимальна розчинність свинцю в олові становить 2,2 % свинцю за температури 183 °С. Розчинність стрімко зменшується зі зменшенням



температури до кімнатної тому в сплаві виділяється багата на свинець вторинна фаза.

Для більш детального дослідження мікроструктури доцільно було б скористатися растровою електронною мікроскопією та провести мікрорентгеноспектральний аналіз включень.

## ВИСНОВКИ

1. Треба, по можливості, відбирати зразки більших розмірів, з гладкою поверхнею і масою, яка була не меншою за 0,3...0,5 г.
2. Методика визначення складу за густиною, визначеною під час гідростатичного зважування, добре корелює з визначенням складу спектральним рентгенофлюоресцентний аналізом. Під час визначення складу за густиною у сплаві, відібраного з тарілки з інвентарним номером МТ-869, вміст свинцю становить 20,5 %, спектральним флуоресцентним аналізом — 20,55 %.
3. Методики використані в роботі доповнюють одна одну.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Слободян П. Вироби гданських конвісарів середини XVIII ст. у зібранні Львівського історичного музею // Наукові записки / Ред. кол.: О. Роман (відп. ред.), О. Перелигіна, І. Полянська; Літ. ред. Я. Тучапський; Львівський історичний музей. — Львів: Новий час, 2009. — Вип.13. — С. 72 — 79.
2. Слободян П. Колекція олов'яних виробів XVI — VIII ст. зі збірки Львівського історичного музею, як джерело до вивчення історії конвісарського ремесла у Львові // Шевченківська весна. Історія: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених / Ред. кол.: проф. В.Ф. Колесник (голова) та ін. — К., СПД Цимбалюк Є. С., 2008. — Вип. 6., Ч. 1: Праці вчених. — С. 225 — 227.
3. Економічні привілеї міста Львова XV — XVIII ст.: привілеї та статuti ремісничих цехів і купецьких корпорацій / Упоряд. М. Капраль; Наук. ред.: Я. Дашкевич, Р. Шуст; МГКО «Документальна скарбниця Львова»; Львівський національний університет ім. І. Франка; Львівське відділення Інституту української археографії та джерелознавства ім. М. С. Грушевського НАН України. — Львів: Піраміда, 2007 — 816 с.
4. ЛНБ ім. В. Стефаник. Рук. Ф. 5, спр. 2941, арк 53.
5. Беляев Д. В. Металлургия олова. — М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1960. с. 95.
6. Tuchołka-Włodarska B. Syna od XV do XIX wieku: Katalog stałej wystawy ze zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku — Gdańsk, 1992. — 136 s.
7. Sprawozdanie z bieżących i projektowanych czynności Archiwum Król. Stoł. m. Lwowa i instytucji pozostających pod jego zażadem // ЦДІА України у Львові, ф. 55, оп. 1, спр. 22, арк. 38.
8. Мінжулін О. Реставрація творів з металу: підруч. для студентів вищ. худож. навч. закл. — К.: Спалах, 1998. — 232 с.
9. Химия в реставрации: Справ. изд. / М.К Никитин, Е.П Мельникова. —

Л.: Химия, 1990. – 304 с.

10. Фармаковский М.Ф. Очерки по методике технологического исследования реставрация и консервация древних металлических изделий / Известия государственной академии истории материальной культуры им. Н.Я. Марра. Вып. 130 – Москва-Ленинград: Государственное социально-экономическое издательство, 1935. – 121 с.

11. Львівський історичний музей. Інвентарна книга фондової групи «Метал». Т. 1. Арк. 138 МТ-823, Арк. 140 МТ-836, Арк. 146 МТ-869,

12. Определение элементного состава вещества методом рентгенофлуоресценции: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Основные методы исследований в неорганической химии» для магистрантов I курса, обучающихся по направлению 240100 «Химическая технология» / А.А. Дитц, Т.А. Хабас; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 20 с.

13. Русаков А.А. Рентгенография металлов / А.А. Русаков // М.: АтомИЗДАТ. – 1977. – 483 с.

14. Pecharsky V.K. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials / V.K. Pecharsky, P.Yu. Zavalij // New York: Springer. – 2005. – 713 p.

15. Інструкція користувача ваги AS.../C, PS.../C, APP.../C фірми «REDWAG» - с. 88

16. Практическая металлография. Методы изготовления образцов. / Вашуль Х.: Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1988. – 320 с.

17. Беккерт М., Клемм Х. Способы металлографического травления: Справ. Изд. / Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1988. – 400 с.