

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії чорних металів і ливарного виробництва

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускної атестаційної роботи бакалавра
зі спеціальності 136 – Металургія

на тему: Розробка проекту ділянки ювелірного литва із застосуванням
сучасного обладнання для литва та афінажу золота та срібла

Виконав: студент групи МТ-20
Керівник випускної роботи
Н.контроль
Завідувач кафедри

Кондолев Д.С.
Саїтгареев Л.Н.
Саїтгареев Л.Н.
Савельєв С.Г.

Кривий Ріг
2024р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійний

Кафедра: металургії чорних металів і ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: 136 Металургія

Затверджую
Зав. кафедрою
_____ Савельєв С.Г.
«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на випускню атестаційну роботу бакалавра

-
1. **Тема роботи:** Розробка проекту дільниці ювелірного литва із застосуванням сучасного обладнання для литва та афінажу золота та срібла.
 2. **керівник роботи:** к.т.н., ст..викладач Саїтгарєєв Л.Н.
затверджено наказом по КНУ від « 11 » 03 2024 р. № 204с
 2. Строк подання роботи студентом « ___ » _____ 2024 р.
 3. Вихідні дані до роботи:

 4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
 - 1.
 - 2.
 - 3.
 5. Перелік графічного матеріалу:

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів виконання бакалаврської роботи	Термін виконання етапів
1		
2		
3		
4		
5		

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2024 р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Кондолев Д.С.

Керівник випускної
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Сайтгареев Л.Н.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка на кваліфікаційну роботу магістра: «Розробка проекту дільниці ювелірного литва із застосуванням сучасного обладнання для литва та афінажу золота та срібла»: с., 24 рисунків, 1 таблиця, 9 літературних джерел.

В цій роботі описується ювелірне виробництво та класи майстрів-ювелірів. Також описується процес виробництва каблучок, сережок, та афінаж дорогоцінних металів.

1 У загальній частині описується проектування ювелірних цехів, склад та кваліфікація робітників-ювелірів та організація робочих місць.

2 У технологічній частині пояснюється як ювеліри виготовляють обручки та каблучки в залежності від необхідної кількості виготовлених прикрас.

3 У спеціальній частині зазначені види, стадії афінажу золота та срібла. Афінаж включає декілька стадій, таких як хімічна обробка, фізична обробка та концентрування залежно від сплаву та об'єму металу та умов.

КЛЮЧОВІ СЛОВА, АФІНАЖ, ЗОЛОТО, СРІБЛО, ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕХІВ, ВИРОБНИЧІ ДІЛЬНИЦІ, КАБЛУЧКИ, ОБРУЧКА, РІГЕЛЬ, КРОПАН, СЕРЕЖКИ, КАСТИ, ЮВЕЛІРНЕ ВИРОБНИЦТВО.

ЗМІСТ

Реферат

1. Загальна частина:

1.1 Проектування ювелірних виробничих дільниць та цехів

1.2 Склад та кваліфікація робітників ювелірного виробництва

1.3 Організація робочих місць

2 Технічна частина: Плавка дорогоцінних металів і сплавів

2.1 Види плавки. Обладнання, інструменти та пристрої для плавки

2.2 Технологія плавки дорогоцінних металів та сплавів

2.3 Виготовлення каблучок

2.4 Виготовлення сережок

3 Спеціальна частина:

3.1 Афінаж золота та срібла

Висновки

Використані джерела

Загальна частина:

1.1. Проектування ювелірних виробничих дільниць та цехів

Структурно ювелірне виробництво складається з цехів, які є виробничими адміністративними відокремленими підрозділами. Ювелірні цехи складаються з виробничих ділянок, допоміжних підрозділів, службових та побутових приміщень. Робочі місця об'єднуються у виробничі ділянки або відділення для виконання робіт цільового призначення.

При проектуванні цехів в умовах серійного та дрібносерійного виробництва визначають вантажопотоки матеріалів. Для цього будують графік, на якому умовно зображають рух матеріального потоку у виробничому циклі. Графік спрощує складання компонування цехів та відділень. В умовах масового виробництва використовують предметну спеціалізацію з прямоточним рухом матеріалів. Поточне виробництво будують за наступною схемою: одержання заготовок - механічна обробка заготування - вузлове та загальне збирання виробів з окремих деталей та вузлів - оздоблення виробів. При цьому шкідливі види виробництва ізолюють від інших ділянок і в них обладнають системи очищення повітря. Крім того, у цехах передбачають допоміжні приміщення, до яких відносяться ділянки відновлення ріжучих інструментів, контрольні відділення, відділення для підготовки допоміжних матеріалів та ін.

Проектування цехів передбачає встановлення організаційної структури цеху, складу виробничих та допоміжних підрозділів, проведення розрахунку необхідних площин.

Загальна площа цеху складається з площин виробничих, допоміжних, адміністративно-конторських приміщень, конструкторських та технологічних бюро (без урахування службово-побутових приміщень). Склад виробничих відділень і дільниць цехів визначається характером виробів, що виготовляються, технологічним процесом, обсягом і організацією виробництва.

За розрахунковими даними складається компонування цеху з урахуванням будівельні параметри будівлі. Компонуванням цеху називається план взаємного розташування виробничих та допоміжних ділянок, службово-побутових приміщень, магістральних проїздів, виконаний у певному масштабі, але без детального зображення розташування обладнання.

Для забезпечення прямоточності руху деталей обладнання розміщують у спеціальних будівлях відповідно до технологічного процесу. Найбільш поширеними є одноповерхові будівлі прямокутної форми з підлогою на бетонному підставі у вигляді букв Т, П і Ш. Основними будівельними параметрами будівлі є крок колон, ширина та висота прольоту. Кроком колон називається відстань між осями колон у поздовжньому напрямку, шириною прольоту — відстань у поперечному напрямку. Висота прольоту - це відстань від рівня підлоги до нижньої частини несучих конструкцій перекриття будівель. Колони, розташовані в поздовжньому та поперечному напрямках, утворюють

сітку колон (рис. 1.1). Багатоповерхові будівлі можна використовувати для механічних та складальних цехів при виробництві легких та дрібних виробів. Сітку колон для багатоповерхових виробничих будівель приймають 6х6 або 9х6 м, а висоту поверхів - 3,6; 4,8 і 6 м. Осі, що йдуть уздовж прольоту будівлі (поздовжні), позначають великими літерами українського алфавіту, а осі, що перетинають прольоти (поперечні), позначаються цифрами.

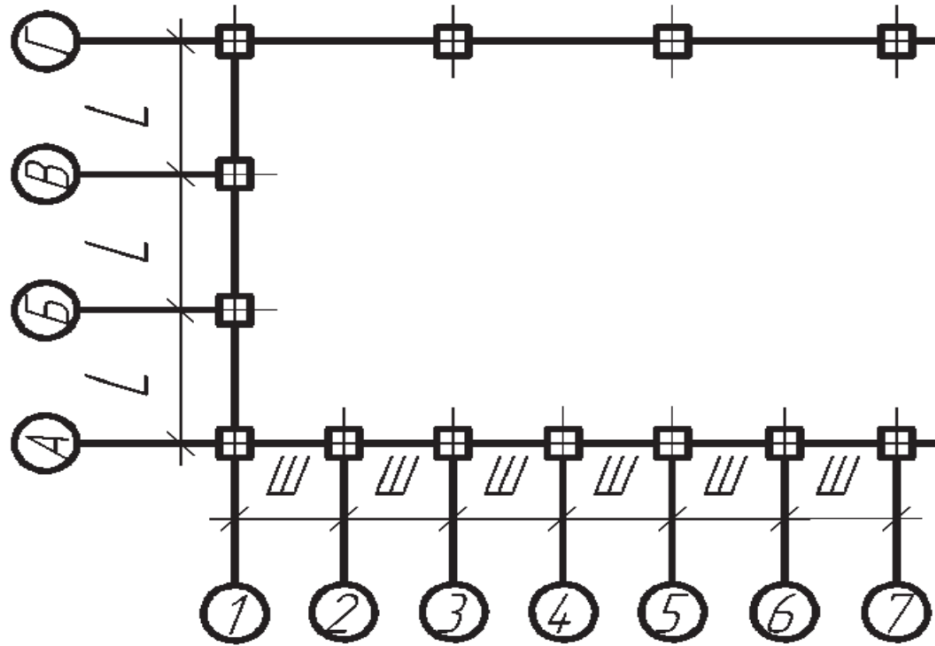


Рис. 1.1. Сітка колон будівлі

Стіни будівлі поділяються на несучі та каркасні (у каркасних будинках). Несучі стіни сприймають навантаження від ваги будівельної конструкції. Їх виконують із цегли, каміння або бетону. Каркасні стіни - це внутрішні перегородки, які в залежності від призначення приміщення можуть бути дерев'яні оштукатурені, скляні з нижньою дерев'яною частиною, з металевої сітки з нижньою дерев'яною частиною, металеві засклені, цегляні, залізобетонні. Для будівель невеликого об'єму (до 5000 м³) роблять стіни цегляної кладки.

Нормативне корисне навантаження на підлогу від ваги верстатів малих та середніх розмірів у багатоповерхових будинках приймається рівною 500, 1000, 1500 кг/м².

Розташування сходових клітин може бути зовнішнє (при будівлях) і внутрішнє (в самому будинку). Кількість дверей та воріт має бути мінімальним, але з урахуванням вимог протипожежної безпеки. Кількість евакуаційних виходів – не менше двох. Розміри дверей мають бути за шириною 0,8...2,4 м, за висоти — не менше 2,0 м.

Після компоновання цехів виконують планування робочого обладнання, на якому показується взаємне розташування основного. та допоміжного обладнання

в масштабі 1:100 або 1:50. графічного відображення на плануванні робочих місць ювелірів використовують умовні позначення верстатів та посадкових місць (рис. 1.2).

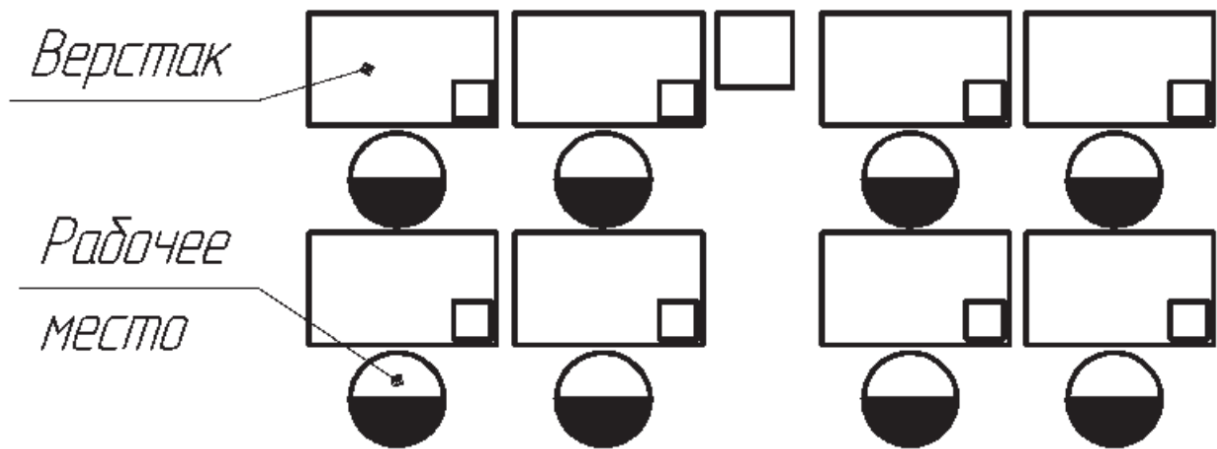


Рис. 1.2. Фрагмент об'єднання робочих місць ювелірів у ділянку

При плануванні робочого обладнання керуються зручністю робочих місць та доступністю до них, близькістю до сусідніх ділянок, наявністю освітлення, точок підведення води, природного газу, а також враховують санітарно-гігієнічні, енергетичні та протипожежні вимоги. На плануванні зображують колони, проїзди, зовнішні та внутрішні стіни, вікна, двері, ворота, основне та допоміжне обладнання, місця розташування працюючих, робочі столи та верстати, місця зберігання та складування заготівель, деталей та інструментів, транспортні пристрої (рис. 1.3). Планування має відображати довжину та ширину цеху, сітку колон, а також назва відділень та ділянок. Проставляють також відстані між обладнанням і від обладнання до колон і стін. Ця відстань залежить від габаритів верстата. Відстань від проходу до поздовжньо розташованих верстатів габаритним розміром до 1600 мм приймається 1000 мм, до поперечно розташованих - 500 мм. Відстань між верстатами, а також відстань від верстата до колон - 750 мм. Загальна площа цехів визначається на підставі планування обладнання та всіх приміщень цеху. Планування складають з урахуванням норм виробничої площі на одне робоче місце. Для виконання ювелірних виробів робіт площа одного робочого місця складає 4,5 м². Робоча зона для працюючих сидячи має бути по висоті 600...1200 мм, по глибині — 500 мм, по фронту — 550 мм від центру сидіння. Ширина цехових проходів залежить від виду транспорту. Ширина пішохідних проходів дорівнює 1400 мм. Відстань між столами та верстакми при поздовжньому розташуванні становить 750 мм, а при поперечному розташування - 1000 мм. Норми площин для середніх металообробних верстатів приймаються рівними 14...18 м²

Устаткування в цехах можна встановлювати:

-безпосередньо на підлозі;

-на окремих або загальних для кількох верстатів фундаментах.

На підлозі встановлюють легкі та середні верстати загального призначення зі спокійним ходом. Легкі верстати можуть бути також встановлені на столах. На фундаментах встановлюють важкі верстати.

Розташування обладнання може бути з поздовжнім, поперечним, кутовим і кільцевим компонуванням. Гранична ширина проходів між верстатами або робочими місцями має становити не менше 1 м, коридорів — 1,4 м.

Планування ділянок складання може бути засноване на конвеєрному, точковому та гніздовому принципі. Конвеєрне складання — це збірка з безперервним або періодичним рухом об'єктів складання, здійснюється примусово на конвеєрі. При точковому принципі відсутні міжопераційні зв'язки між обладнанням чи робочими місцями. Гніздовий принцип полягає в об'єднанні верстатів або робочих місць групами залежно від операційних зв'язків.

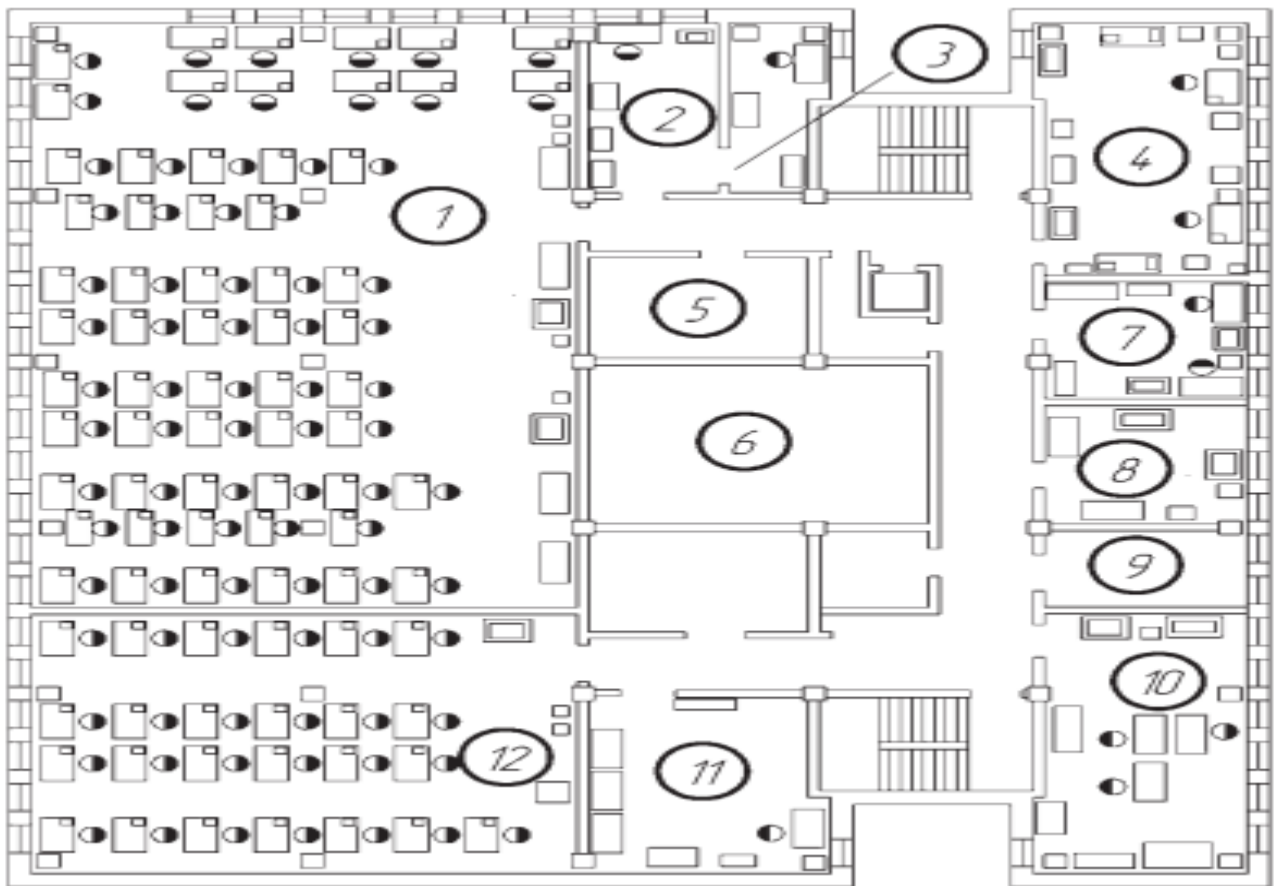


Рис. 1.3. Фрагмент планування ювелірного виробництва: 1 - ділянка виготовлення виробів; 2 — ділянка шліфування та полірування виробів; 3 - ділянка миття та сушіння; 4 - заготівельна ділянка; 5 - комора; 6 - венткамера; 7 - ВТК (відділ технічного контролю); 8 - ділянка плавки золота; 9 - кабінет начальника цеху; 10 - лабораторія; 11 - ділянка переробки відходів, що містять дорогоцінні метали; 12 - ділянка ремонту виробів

У всіх приміщеннях необхідно передбачати нормальні умови для роботи: температура повітря 20 ± 1 °С, відносна вологість повітря 50 ± 10 %, швидкість руху повітря 0,3...0,5 м/с

Проектування цехів складається з наступних етапів:

- 1) встановлення вихідних даних;
- 2) визначення основних виробничих властивостей;
- 3) визначення допоміжних властивостей;
- 4) уточнення техніко-економічних показників. Перший етап включає:

- встановлення програми випуску;
- визначення маси та матеріалів виробів;
- визначення трудомісткості операцій;
- визначення типу обладнання;
- встановлення режиму роботи виробництва (в одну або дві зміни).

Другий етап включає:

- визначення кількості основного обладнання;
- вибір складу виробничих ділянок;
- визначення складу, кількості та алгоритму роботи обладнання;
- розрахунок виробничої площі;
- вибір нестандартного обладнання;
- компонування виробничих ділянок;
- планування основного обладнання;
- попереднє визначення числа працюючих.

На третьому етапі передбачається проектування складів, системи контролю якості виробів та систем управління.

На четвертому завершальному етапі уточнюються загальна площа і габарити цеху, компонування, планування обладнання, склад та кількість працюючих, визначається техніко-економічне обґрунтування (ТЕП).

Розрахункова кількість устаткування за умов потокового виробництва визначається за формулою.

$$C_p = \frac{t_{шт}}{t},$$

де $t_{шт}$ - штучний час (час на виконання технологічної операції); t – такт випуску.

Для змінно-потокового виробництва розрахункова кількість обладнання для n операцій визначається за формулою де N_i - Річний обсяг випуску виробів; Φ — дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

$$C_p = \sum_{i=1}^n \frac{t_{шт} N_i}{60\Phi},$$

Число робочих місць можна визначити як приватне від загального (сумарного) штучного часу T_c до річного фонду часу обладнання:

$$M = \frac{T_c}{\Phi} .$$

Площі допоміжних ділянок приймають із розрахунку 15...20% площі виробничих ділянок. Штат працюючих у цеху складається з наступних категорій працівників:

- виробничі та допоміжні робітники;
- інженерно-технічні працівники (ІТП);
- службовці;
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

До виробничих робітників відносять ювелірів, монтувальників, верстатників, наладчиків верстатів, слюсарів та інших робітників, безпосередньо зайнятих виконанням технологічного процесу.

До допоміжних робітників належать транспортні робітники, комірники, контролери ВТК, лаборанти, слюсарі з ремонту обладнання, приймальники замовлень, художники-дизайнери, прибиральники приміщень та ін. Число допоміжних робітників у цеху визначають залежно від числа виробничих робітників. Для механічних та складальних цехів їх кількість може досягати 20...25 % від числа виробничих робітників.

До ІТП належать керівники цеху, начальники відділень, інженерний персонал, техніки, економісти, нормувальники. Норми кількості ІТП залежать від типу виробництва. Для одиничного і дрібносерійного виробництва — 18...24 % від числа виробничих робітників, для масового — 7...10 %. Число ІТП для складальних цехів залежно від типу виробництва приймають 8...12 % від числа виробничих робітників. При багатозмінній роботі в першу зміну планують роботу 70% від загальної чисельності ІТП.

Службовцями вважаються рахунково-контрорський персонал, бухгалтери, касири, працівники постачання, секретарі, завідувачі складів та ін. Число службовців також визначається залежно від виробничих робітників і становить 1...2 %.

Категорія молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) включає прибиральників контрорських побутових приміщень. Їх чисельність визначають за нормою площі приміщень.

Управління виробництвом здійснюється апаратом управління. Загальне керівництво підприємством здійснює директор, якого покладається відповідальність за виконання всіх функцій підприємства. Технічне керівництво здійснює головний інженер.

Усі види документів, якими користується персонал у процесі виробничої діяльності, групуються за призначенням:

- керівні: положення про підприємство, цех, посадові інструкції, накази, розпорядження, плани, карти техпроцесів, ТУ, ГОСТи, інструкції, паспорти обладнання, нормативні документи;

- оперативні та облікові: зведення, графіки, звіти;
- допоміжна документація: технічна інформація, довідники та ін.

1.2. Склад та кваліфікація робітників ювелірного виробництва

Виробничими робітниками є працівники, що виконують основні та допоміжні технологічні процеси (станочники, наладчики, слюсарі, монтувальники, ювеліри, плавильники тощо). Число виробничих робочих P визначається ставленням трудомісткості виготовлення продукції T_p , чол.-ч, до загального річного фонду часу робітника Φ_p , год:

$$P = \frac{T_p}{\Phi_p} .$$

При двозмінному режимі роботи кількість виробничих робітників першої зміни складає: в одиничному та дрібносерійному виробництві — 60 %, у середньосерійному — 55 %, у великосерійному та масовому — 50 % від загальної кількості робітників.

У роботі ювелірних підприємств беруть участь робітники різних

- професій, серед яких:
- майстер-модельєр;
- плавильник металів та сплавів;
- ливарник художніх та ювелірних виробів;
- ювелір-монтувальник (закріплювач);
- ювелір-браслетник;
- ювелір-ланцюжник;
- ювелір-філігранник;
- ювелір-гравер;
- емальювальник;
- восковник;
- формувальник;
- робітник з виготовлення гумових форм;
- огранювач;
- шліфувальник, токар, фрезерувальник, свердлильник;
- вальцівник, прокатник, волочильник та ін.

Основну частку робітників ювелірного виробництва становлять ювеліри. Професія ювеліра має сім розрядів. Робочий відповідного розряду повинен задовольняти певним вимогам. Рівень виконуваних робіт повинен відповідати кваліфікаційному розряду. Розряд робітників вказується в операційній карті і встановлюється відповідно до складності виконуємої роботи.

Ювелір першого розряду повинен уміти виконувати прості роботи, зокрема:

- проводити підготовчі роботи перед збиранням ювелірних виробів;

- готувати склади для відбілу;
- здійснювати знежирення, зняття дроту після паяння, промивання виробів у зібраному вигляді;
- здійснювати закріплення вставок зі скла, виробних каменів і корунд круглої та овальної форми розміром понад 0,5 см у штамповані крапанові касти виробів з кольорових металів та срібла з подальшим усуненням задирок;
- здійснювати тирсу, шабрування та ручне полірування ювелірних виробів посудної групи з кольорових металів та срібла.

Ювелір другого розряду повинен уміти виконувати такі нескладні види робіт, як:

- монтажування, виготовлення, ремонт, шліфування, полірування, шабрування та тирса простих ювелірних та художніх виробів з кольорових та дорогоцінних металів;

- виправлення та набір деталей виробів;
- прожарювання бури для припою;
- складання суміші припою з бурою;
- підготовка наборів до паяння, паяння, заправка в зони паяння;
- свердління отворів із застосуванням найпростіших пристосувань;
- заточення та заправка інструменту;
- контактне (точкове) зварювання виробів;
- закріплення дрібних вставок за допомогою клею і т.д.

Ювелір третього розряду повинен уміти виконувати роботи середньої складності:

- виготовлення та монтажування кілець, брошів з кількістю деталей до трьох та з однією вставкою, сережок, чарок, сільничок, значків, медалей, орденів;

- монтажування, виготовлення та ремонт плетених, шарнірних, еластично-розтяжних браслетів; запонок; філігранних кілець; кілець, брошів, сережок з кількістю деталей від трьох до п'яти; ланцюжків з однотипних круглих, овальних та фасонних ланок у поєднанні з фасонними ланками, глідерами, розетками;

- виготовлення пустотілих виробів;
- плавку брухту з дотриманням заданого хімічного складу;
- обробку металу вальцями, профіль-вальцями;
- обробку виробів за допомогою бормащини;
- реставрацію срібних виробів;
- виготовлення ажурної філіграні середньої складності;
- чорніння виробів з гравірованим малюнком;
- покриття виробів емаллю та гальванічне покриття виробів;
- карбування виробів;
- в'язку полотна ланцюжків типу «якірна» і «панцирна» на цепов'язальних автоматах;

- налагодження, розбирання та складання автоматів.

Ювелір четвертого розряду повинен вміти виконувати роботи з підвищеної складності:

- виготовлення та монтування кілець, брошів з кількістю деталей до трьох і з однією вставкою, сережок, чарок, сільничок;

- монтування, виготовлення та ремонт плетених, шарнірних, еластично-розтяжних браслетів; запонок; філігранних кілець; кілець, брошів, сережок з кількістю деталей від трьох до п'яти і кількома вставками з дорогоцінного каміння; ланцюжків з однотипних круглих, овальних та фасонних ланок у поєднанні з фасонними ланками, глідерами, розетками; пустотілих деталей та виробів; замків для сережок і брошок; ланцюжків з кількох круглих різнотипних ланок (ланцюг-стрічка);

- набір філігранного візерунка та паяння ажурно-філігранних брошів, ваз із накладними філігранними розетками;

- припасування оправы до вставки золотих кілець зі вставками з напівдорогоцінного каміння з глухим закріпленням і т.д.

Ювелір п'ятого розряду має вміти виконувати складні види робіт:

- реставрацію високохудожніх антикварних виробів із дорогоцінних металів;

- паяння ажурних філігранних наборів;

- паяння накладної філіграні на вироби з площею філігранного візерунка понад 50 см²;

- чорніння виробів з гравірованим малюнком;

- нанесення гравірованих візерунків різноманітних фасонів по кресленням на поверхні ювелірних та художніх виробів з кольорових та дорогоцінних металів;

- набір простих та середньої складності сканних візерунків під прозору емаль;

- в'язку полотна ланцюжків типу «потрійна кордова», «потрійна панцерна», «комбінована панцерна», «венетіанська», «комбінована якірна», «кулькова» на цепов'язальних автоматах;

- виготовлення моделей для лиття відповідно до технічної документації з високим ступенем точності конструктивних елементів;

- виготовлення каменерізних виробів з матеріалу твердістю 7 од. за шкалою Моосу вручну;

- розрахунок хімічного складу.

Ювелір шостого розряду має вміти виконувати складніші види робіт:

- монтування та ремонт особливо складних ювелірних виробів ручного виготовлення з дорогоцінних металів з дорогоцінними каменями;

- виготовлення та ремонт високохудожніх зразків ювелірних виробів за макетами, зліпками, малюнками та ескізами митців та за власними розробками для індивідуального, дрібного та середньосерійного виробництва;

- виготовлення та ремонт унікальних ювелірних виробів з проектами художників та власним композиціям;

- виготовлення виробів зі складними пиляльними малюнками;

- виготовлення об'ємних ажурно-філігранних виробів з набором скані, рельєфними накладками та орнаментальним візерунком;

- випилювання ажурних малюнків зі складними механічними кріпленнями різних декоративних деталей;

- штифтування, закатування, обтискання;

- виготовлення мозаїчних панно;

- виготовлення, набір та паяння ажурної філіграні середньої складності та складної форми;

- виготовлення вручну ланцюжків з кольорових і дорогоцінних металів з круглих ланок розлучених (ланцюжок типу «мотузочка») і перегнутих («панцирний» ланцюжок), паяних ланцюгів із ланок із дорогоцінних металів;

- зварювання ювелірних виробів на установках лазерного зварювання;

- закріплення дрібних вставок за допомогою клею;

- реставрацію високохудожніх, унікальних, антикварних виробів із дорогоцінних металів;

- відновлення орнаментальних малюнків;

- набір скані за карбованим рельєфом;

- орнаментацию під емаль;

- глибоке гравіювання та карбування виробів за власними кресленнями, малюнками та композиціями;

- в'язку полотна ланцюжків з комбінацією сплавів золота червоного, жовтого, зеленого та білого кольору;

- виготовлення корпусу шпрингельного замку з одночасною паянням на автоматах;

- виготовлення штампів з візерунками складної художньої композиції;

- виготовлення моделей для лиття, згідно з технічною документацією, з високим ступенем точності конструктивних елементів;

- виготовлення спеціального інструменту, пристосувань та оснастки для роботи над зразками та моделями складних форм та конфігурацій.

Ювелір сьомого розряду повинен вміти виконувати особливо складні види робіт:

- виготовлення унікальних та ексклюзивних ювелірних виробів з урахуванням національних традицій, основних тенденцій класичного та сучасного ювелірного мистецтва та моди;

- виготовлення складних ювелірних та художніх виробів з кольорового та дорогоцінного каміння;

- нанесення гравірованих візерунків різноманітних фасонів та гравіювання;

- виготовлення штампів з візерунками складної художньої композиції;

- виготовлення моделей високої точності для лиття;

- виготовлення спеціального інструменту, пристосувань та оснастки;

- набір філігранних візерунків та паяння багатопланових виробів і т.д.

1.3. Організація робочих місць

Організація робочих місць повинна забезпечувати високу продуктивність, оперативність, безперервність та сприятливу атмосферу роботи. Для цього робочі місця повинні бути оснащені сучасним обладнанням.

Основним робочим місцем в ювелірному виробництві є робоче місце ювеліра, на якому здійснюються ювелірні виробничі операції з виготовлення та ремонту ювелірних виробів.

Робочим місцем ювеліра є ювелірний стіл-верстак (рис. 1.4). Він є дерев'яним двотумбовим столом із висувними ящиками. Стіл має рівну і гладку поверхню, покриту жаростійким пластиком. Кришка столу-верстата виконується з потовщеної плити з напівкруглим вирізом спереду для зручності роботи. Під ним кріпиться шкіряний фартух для збирання відходів дорогоцінних металів. Замість шкіряних фартухів можуть застосовувати жерстяні ящики (коробки), що мають глибину від 10 до 30 мм. Для безпеки проведення паяльних робіт на передній частині столу закріплюється мідна пластина, на яку укладається азбестова подушка для розміщення на ній елементів, що паяються. У центрі напівкруглого вирізу є паз, в який вставляється пристосування з твердолистової породи дерева - фінагель, використовується для слюсарних робіт: обпилювання виробів, шабрування і т.д. Фінагель має трапецеїдальну форму зі скосом 45 градусів.

Робоче місце ювеліра-монтажника повинно мати стілець зі спинкою, що регулюється по висоті.

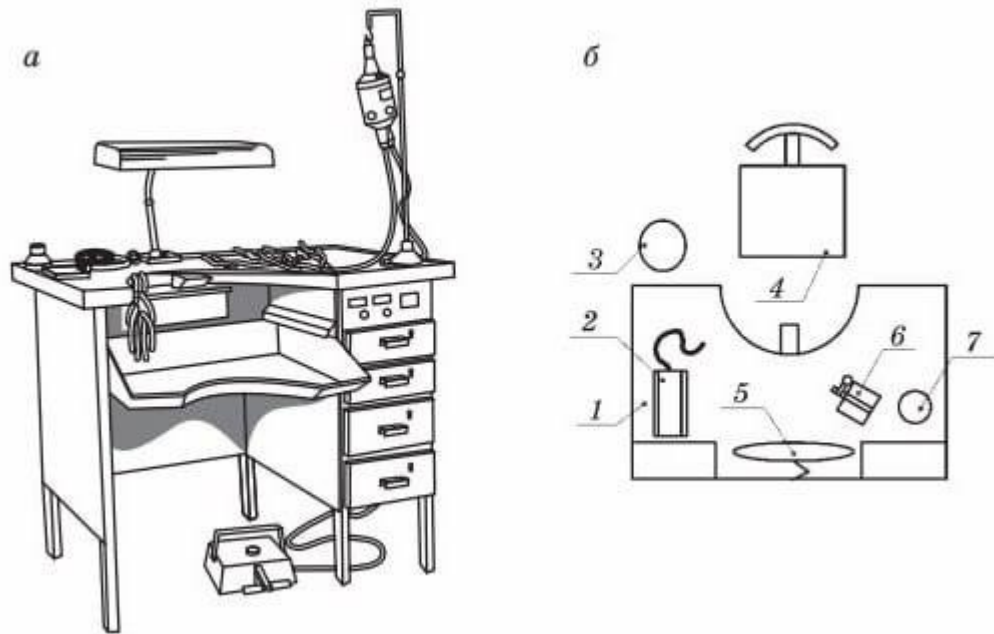


Рис. 1.4. Загальний вигляд (а) та планування (б) робочого місця ювеліра-монтувальника:

1- стіл верстат; 2- бормашина; 3- апарат бензопайки; 4- стул; 5- лампа; 6- лупа; 7- підставка для інструменту

2-

Робоче місце плавильника для складання шихти та плавки брухту (рис. 1.5) розміщують в окремому просторому приміщенні з об'ємом повітряного простору. Однак встановлювати там вентиляцію не рекомендується, тому що повітряні потоки при лиття небажані. У зоні робочого місця розміщується майданчик для нагрівання тиглів, складання шихти, зберігання тиглів і виливниць. Зліва від робітника на спеціальному кронштейні, прикріпленому до капітальної стінки, встановлюються ваги зважування шихти. Номінальна норма площі робочого місця плавильника - 4,8 м².

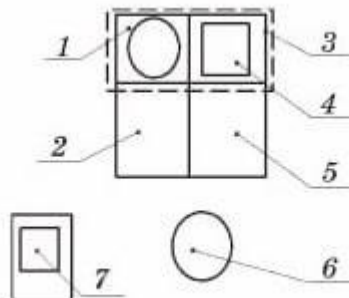


Рис. 1.5. Планування робочого місця плавильника дорогоцінних металів:
1 – апарат контактної плавки; 2 – шихтовий майдан; 3 – витяжний зонт; 4 – піч для нагрівання; 5 – місце для бритвалю та виливниць; 6 – стул; 7 – ваги;

Робоче місце ливарника художніх та ювелірних виробів (рис. 20.6) має бути оснащено великою кількістю інструментів та пристроїв. Серед них — дозатори воскової маси для виготовлення прес-форм із гуми; муфельна піч для випалу блоків із восковими моделями; ливарна машина; ванна для очищення виливків після лиття, електрохімічного полірування відлитих виробів та відбілювання блоків; бензозварювальний апарат; виливниця; відбильниця; установка для вібровакуумування формувальної суміші; електронна вага для зважування виробів. Над ванною для очищення виливків та електрохімічного полірування має бути встановлено витяжну парасольку.

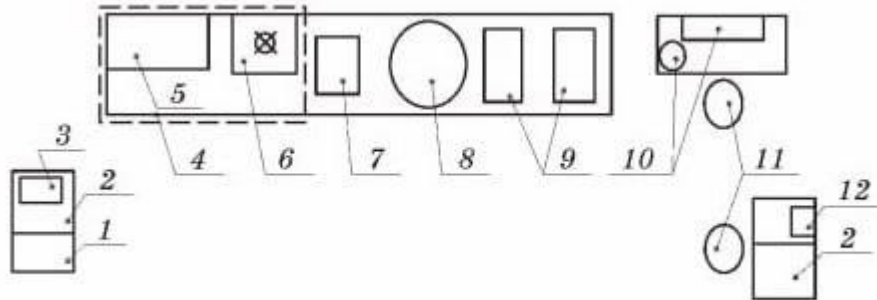


Рис. 1.6. Планування робочого місця ливарника:

1 – установка для вібровакуумування; 2 – стіл; 3 – ваги; 4 – витяжний зонт 5 – шафа для хімікатів; 6 – раковина; 7 – ванна для електрохімічного полірування; 8 – ливарна машина; 9 – муфельна піч; 10 – вулканізаційний прес; 11 – стул; 12 – дозатор воскової маси;

Робоче місце вальцівника для виконання проковочних, вальцювальних та термічних робіт (рис. 1.7) обладнують багатопрофільними вальцями з ручним або механічним приводом, муфельною піччю чи апаратом бензопайки для термічної обробки. Для виконання проковочних робіт робоче місце оснащується металевим столом, на якому встановлюється ковадло, необхідним набором слюсарних молотків, щипців, плоскогубців та інших інструментів, а також ємністю з розчином для відбілювання. Над нагрівальними пристроями встановлюють витяжку парасольку.

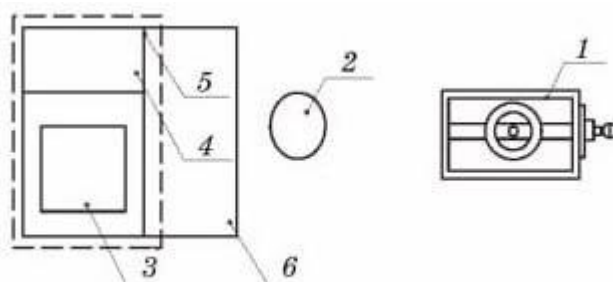


Рис. 1.7. Планування робочого місця для виконання проковочних, вальцових і термальних робіт:

1 – вальці; 2 – стул; 3 – піч для відпалу; 4 – місце для посудин з розчинами; 5 – витяжний зонт; 6 – металевий стіл;

Робоче місце шліфувальника для виконання шліфувально полірувальних робіт (рис. 1.8) розташовується в ізолюваному приміщенні.

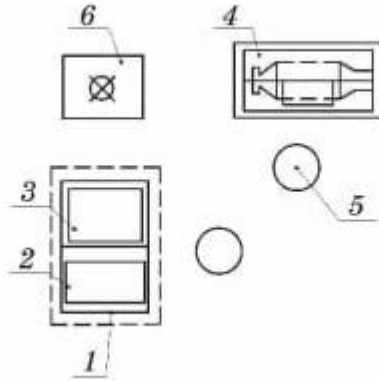


Рис. 1.8. Планування робочого місця для шліфування і полірування виробів:
1 – витяжний зонт; 2 – сушильна шафа; 3 – електроплитка; 4 – шліфувально-полірувальний верстат; 5 – стілець; 6 – раковина;

Воно складається з шліфувально-полірувального верстата. З фільтроуловлюючою установкою, металевого столу з електро плиткою та сушильної шафи. Верстат забезпечується шліфувальним інструментом, полірувальними еластичними колами та полірувальниками. Електроплита служить для нагрівання м'яких розчинів. Про миття та сушіння ювелірних виробів на робочому місці виконується у ванночці з проточною водою. Крім того, робоче місце має мати тумбочку для зберігання обтиральних матеріалів.

Робоче місце емальовальника для виконання емальовальних робіт (рис. 1.9) повинне відповідати певним вимогам. Воно має утримуватися в абсолютній чистоті, тому категорично забороняється розміщувати його у приміщенні, де здійснюються полірування та шліфування. Робоче місце повинно мати робочий стіл, муфельну піч та водогін з раковиною. Для виконання передбачених техпроцесом робіт у приміщенні повинен бути кульовий млин для розмелювання емалі, муфельна піч для сушіння та випалення емалі. Емальовання завжди повинен мати на робочому місці чисте рушник, на який укладається підготовлений до роботи виріб. Випал емалі проводять у муфельній печі, а сушіння виробу після накладання емалі рекомендується виконувати в сушильній шафі до повного випаровування вологи. Для випалу емалі допускається застосування інших видів печі або джерел тепла.

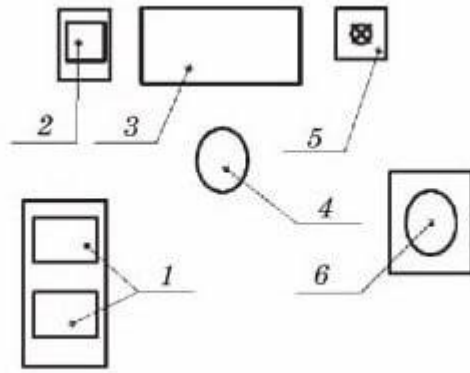


Рис. 1.9. Планування робочого місця для виконання емалірувальних робіт:
 1 – муфельна піч; 2 – ваги; 3 – робочий стіл; 4 – стілець; 5 – раковина; 6 – кульовий млин;

Аналіз проби дорогоцінного металу виконується в лабораторіях хімічного аналізу (рис. 1.10). Виконання хімічного аналізу матеріалів передбачає визначення відповідності металу тій чи іншій пробі або кількісного вмісту дорогоцінного металу в сплаві. Кожен отриманий сплав піддається хімічний аналіз. Результати аналізів записуються в «Журналі реєстрації аналізів сплавів». Подальше переміщення від вершків у цеху дозволяється лише після встановлення відповідності даних хімічного аналізу вимогам чинної нормативно-технічної документації. Виливки зі сплавів дорогоцінних металів вважаються за пробі придатними і можуть бути запущені у подальшу обробку, якщо результати аналізів сплаву, взятого з різних ділянок блоку виливків, мають розбіжність не більше ніж на 0,15% по сріблу, а проба сплаву не виходить за межі, становлені нормативно-технічною документацією. В цьому у разі результуюча проба розраховується як середньоарифметичне значення проб верхнього та нижнього зразків-свідків. Придатні по пробі блоки виливків піддаються розмонтуванню. Після перевірки якості придатні виливки здаються в комору, забраковані — в комору шлюбу.

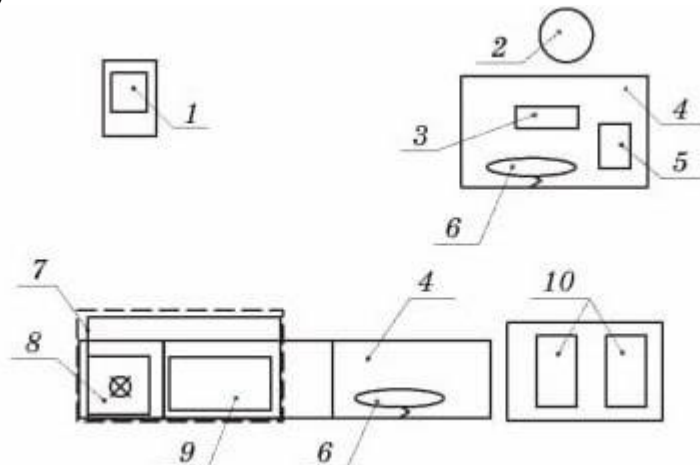


Рис. 1.10. Планування робочого місця для хімічного аналізу матеріалів:
 1 – пробірні ваги; 2 – стілець; 3 – ЕОМ; 4 – робочий стіл; 5 – телефон; 6 – лампа;
 7 – витяжний зонт; 8 – раковина; 9 – шафа для хімікатів; 10 – муфельна піч;

Проби виробів із дорогоцінних металів встановлюються двома методами: спрощеним (на пробірному камені) або точнішим (муфельним). Для проведення аналізу першим способом робоче місце має бути оснащено пробірним каменем, голкою та реактивами, другим способом — муфельною піччю, шафою для хімікатів, пористою вогнетривкою ємністю (купіллю, азотною кислотою і т.д.).

Робоче місце штампувальника включає прес, тару для заготовок, деталей та відходів. Компонування робочого місця штампувальника залежить від форми вихідної заготовки. Штампування може здійснюватися із металевої смуги або штучної заготівлі (рис. 1.11).

Крім основних робочих місць, у ювелірному виробництві необхідно передбачати допоміжні приміщення для розміщення складів матеріалів, незавершеної, готової продукції та шлюбу, складів інструменту та допоміжних матеріалів; робочі місця директора, бухгалтера, економіста, технолога, дизайнера; медичний пункт, охорону та кімнати відпочинок.

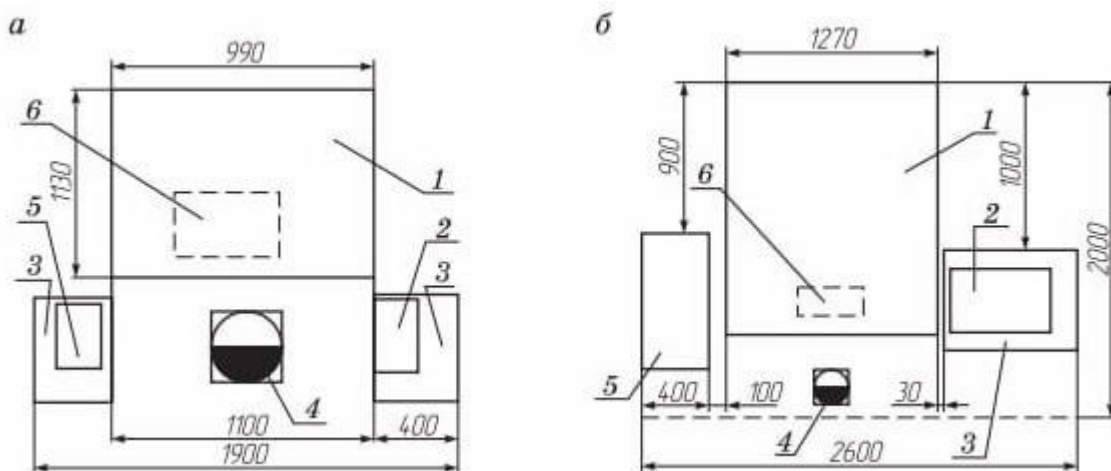


Рис .1.11. Планування робочого місця штампувальника:
 а – для деталей із смуги: 1 – прес; 2 – тара для смугових заготовок; 3 – підставка під тару; 4 – стілець; 5 – тара для відходів; 6 – тара для деталей;
 б – для штучних деталей: 1- прес; 2 – тара для заготовок; 3 – підставка під тару; 4 – стілець; 5 – тара для деталей; 6 – тара для відходів;

Технологічна частина:
2. ПЛАВКА ДОРОГОЦІННИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Плавка металів у ювелірному виробництві – необхідна частина виробничого процесу. Правильне виконання плавки чистих металів та його сплавів є етапом досягнення якісного виготовлення ювелірних виробів. Плавка різних видів металів відрізняється технологією та видами устаткування, що застосовується.

Плавка дорогоцінних металів також має свої особливості, які необхідно враховувати при розробці технологічних процесів.

Плавкою металу називається металургійна переробка шихти у плавильних печах з отриманням рідкого металу за заданою технологією. Плавка металу призначена для підготовки та отримання вихідних заготовок у вигляді злитків або виливків.

2.1. Види плавки. Обладнання, інструменти та пристрої для плавки

Залежно від кількості металу, що розплавляється, плавку можна розділити на два види:

- у малих кількостях (маса металу до 30 г);
- у великих кількостях (маса металу до 150 г).

Плавкою металу без переділу вважається плавка із металевої шихти із заданим хімічним складом.

За технологією розрізняють такі види плавки: відкриту, закриту, з контрольованою атмосферою, вакуумну, електродугову. Відкрита плавка проводиться у відкритій плавильній ємності та, як правило, факелом полум'я. Закрита плавка здійснюється у замкненій камері з метою зменшення дії кисню. Плавка з контрольованою атмосферою є закритою плавкою металу, при якій регулюється газовий склад та тиск.

Вакуумна плавка є закритою і здійснюється при зниженому тиску. Електродугова плавка знайшла застосування при плавці сталі.

Метал для плавки повинен володіти певними ливарними властивостями: рідинною, поверхневим натягом, в'язкістю, об'ємною усадкою, тріщиностійкістю.

Рідкотекучість - це здатність розплаву заповнювати ливарну форму. Для кількісної оцінки та порівняння рідиннотекучості металів використовуються спеціальні форми, що мають спіралеподібний канал. Довжина заповнення цього каналу рідким металом свідчить про рівень рідини і вимірюється в міліметрах.

Рідина залежить від температури розплаву і наявності в ньому розкислювачів (CuP, Zn, Cd, Ni).

Поверхневий натяг — це властивість металів у рідкому стані заповнювати форму та утворювати струмись. Поверхневий натяг σ розраховується за формулою

$$\sigma = \frac{\alpha\rho}{m_a}$$

де α - Коефіцієнт поверхневого натягу металу; ρ - щільність металу; m_a - атомна маса.

Поверхнєве натягування металів залежить від температури t , з підвищенням якої величина σ знижується.

Зниження поверхневого натягу потрійного сплаву золота Au–Ag–Cu може досягатися додаванням до сплаву фосфористої міді, цинку або кадмію.

В'язкість - це властивість чинити опір переміщенню внутрішніх шарів. Кількісно в'язкість оцінюється коефіцієнтом динамічної η або кінематичної ν в'язкості. Між цими коефіцієнтами існує залежність: $\nu = \eta/\rho$

В'язкість залежить від температури плавлення та складу сплаву. З підвищенням температури в'язкість металу зменшується.

Об'ємна усадка характеризує зменшення обсягу сплаву під час переходу з рідкого стану у тверде. Об'ємна усадка розраховується у відсотках від початкового обсягу. Її величина різна для різних металів. Для металів потрійного сплаву золота вона становить: для золота – 5,3 %, срібла – 3,8 %, міді – 3,9 %. Об'ємна усадка для сплавів різних проб також різна. Так, у сплаву золота 750 проби вона становить 4,2%, 585 проби - 2,8 ... 3,76%.

При охолодженні металу усадка призводить до утворення раковин усередині зливка.

Тріщиностійкість - здатність металів до релаксації напруг, що виникають у виливку при затвердінні та охолодженні в результаті усадки, фазових перетворень та температурного перепаду. Розрізняють гарячі та холодні тріщини. Гарячі тріщини утворюються при температурі, близькій до температури солідуса. Холодні тріщини утворюються у сфері пружних деформацій у твердому стані металу.

Підготовлені складові матеріали металу називаються шихтою. Залежно від складу шихта для плавки ділиться на чисту та забруднену. До чистої шихти відносяться чисті метали, а також зворотні відходи без забруднень: литники, висікання, обрізання, стружка. Чиста шихта переплавляється без попередньої обробки та очищення. До забрудненої шихти відносяться відходи ювелірного виробництва та тирса. Забруднену шихту використовують для переплавлення після видалення тирси магнітом, а також після спалювання домішок в муфельній печі.

Перед плавкою розраховують склад необхідної проби, що утворюється при плавці з шихти з певною ваговою кількістю металів, що її складають. Масу складової шихти золота в сплаві X , г можна визначити за такою формулою:

$$\frac{X}{M_{сп}} = \frac{Пр}{1000}$$

де $M_{сп}$ — маса сплаву, г; $Пр$ – проба сплаву.

Зміст елементів у шихті σ , г визначається за формулою

$$\sigma = \frac{M_{сп} \cdot \text{Ce}}{100 - \text{уе}}$$

де Ce - маса елемента в готовому сплаві, г; уе - чад, що утворюється в процесі плавки, % (для золота - 0,1 ... 0,2, срібла - 0,2 ... 0,5, міді - 0,5 ... 1,5, нікелю - 0,3 ... 0,8, цинку - 2 ... 10).

Зміст складових шихти X , г розраховується за формулою

$$X = \frac{M_{сп} \cdot \text{Ce}}{100 - \text{уе}} \cdot 100 - M_1 b_1 - M_2 b_2 - \dots - M_n b_n$$

де M_1, \dots, M_n - прийнята або розрахована кількість складової шихти, г; b_1, \dots, b_n - зміст елемента складової шихти, %.

Плавка прискорюється, якщо вихідний метал має форму гранул. У зв'язку з цим злитки перед плавкою піддають гранулюванню у спеціальних пристроях - грануляторах. Гранулювання металу здійснюється шляхом його розплавлення серед захисних інертних газів. Краплі розплавленого металу, потрапляючи в холодну воду, застигають і набувають вигляду гранул.

Залежно від типу обладнання розрізняють плавку:

- в електричних муфельних печах;
- індукційних високочастотних печах;
- електричні контактні тигельні печі;
- полум'яних печах при горінні газу чи бензину.

Електрична муфельна піч є піч опору шахтного типу (рис. 2.2, а). Вона містить графітовий тигель, що знімається (рис. 2.2, б), який встановлюється в шахтний муфель і розігрівається до необхідної температури. Така піч застосовується для плавки сплавів золота та срібла.



а б
Рис. 2.1. Електричні муфельні печі плавильні



Рис 2.2. Електрична муфельна піч шахтного типу СШО-6.8/12 (а) і знімні графітові тиглі (б)

Індукційна високочастотна піч є електричною високочастотною плавильною піччю, в якій індуктор створюється змінне електромагнітне поле. Метал, поміщений змінне електромагнітне поле, нагрівається від дії вихрових струмів (рис. 2.3). Розміщений у тиглі метал доводиться до розплавлення.

Перевагою такої плавки є висока швидкість нагріву металу, менші питомі енерговитрати на плавку, можливість отримання металу без забруднень та проведення плавки у середовищі інертних газів чи вакуумі.

Індукційні печі застосовують в основному для плавки кольорових та дорогоцінних металів у графітовому тиглі (рис. 2.4.). Існують різні моделі індукційних печей, що відрізняються технічними показниками. Номінальна частота струму контурного кола становить 66 кГц. Час розігріву тигля до 1300 °С становить 15 хв, а робоча температура в тиглі може змінюватися в межах 500...1500 °С.

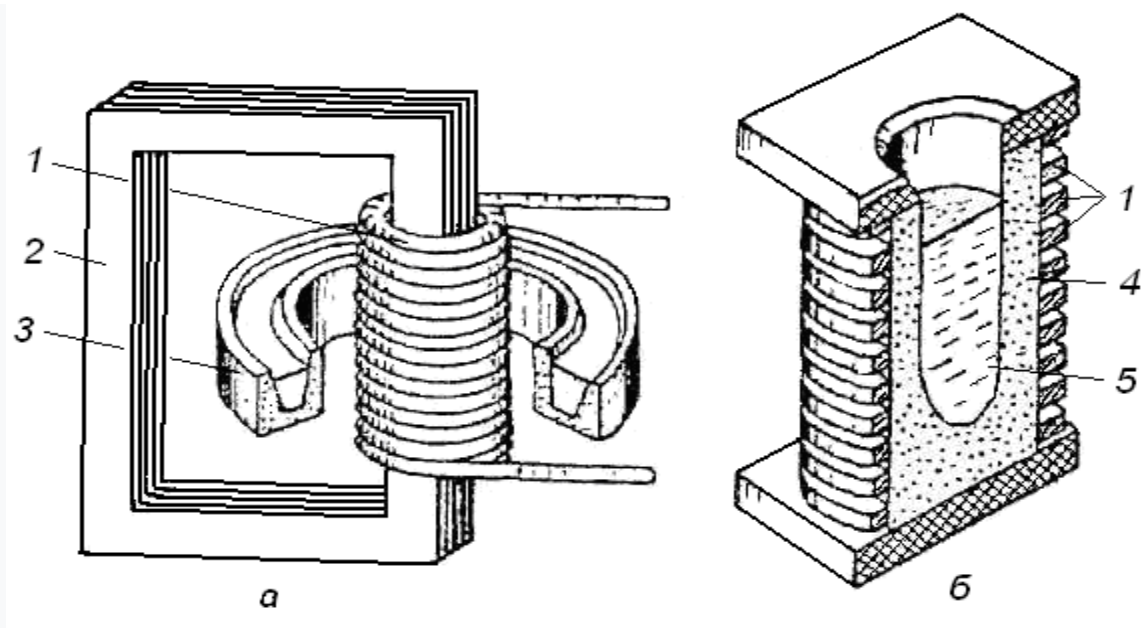


Рис. 2.3. Схема дії високочастотної індукційної печі:
1 – індуктор; 2 – сердечник; 3 – кільцевий жолоб з металом; 4 – тигель; 5 – метал.



Рис. 2.4. Ливарні вакуумні індукційні установки: Indutherm MU-400-V;

Пекти для безперервного лиття є різновидом електричної індукційної печі і призначається для плавки гранульованого металу масою до 1...2 кг. Пекти складається з плавильної камери з отвором на дні. Вихідний отвір забезпечується знімною фільєрою з певною формою перерізу. Профіль фільєри дозволяє отримувати різні за формою та розмірами заготівлі. На виході з отвору метал піддається охолодженню у водяній сорочці.

Метал, що кристалізувався, витягується вниз за допомогою прямого захоплення (ножа) і роликів протяжного механізму. Плавильна камера заповнюється захисним інертним газом, а температура плавлення контролюється

та регулюється з високою точністю на заданому рівні. Пекти живиться від генератора, що перетворює струм промислової частоти в високочастотні сигнали з частотою менше 10 кГц.

Даний спосіб плавки відрізняється високою продуктивністю і дозволяє виготовити заготовки з високою точністю та якістю поверхні. Залежно від конструкції змінної фільтри плавильна піч дозволяє отримувати одночасно один або кілька прутків з різною формою поперечного перерізу: круглою, прямокутною або трубчастою. При необхідності можна отримувати також заготовки-дроти з різним профілем перерізу. Достоїнствами плавки печі для безперервного лиття є також висока швидкість плавлення металу і стабільність складу сплаву.

Електрична контактна тигельна піч має струмопровідний графітовий тигель, розміщений між електричними контактами і виконує функцію електричного опору. Промисловий струм, перетворений у трансформаторі, подається на струмопровідний тигель. Розігрітий до високих температур тигель розплавляє вміщений у ньому метал.

Газотермічна піч конструктивно проста. Вона складається із замкнутої камери, в яку поміщають тигель для плавки. Газове полум'я подають до камери і направляють через форсунку або горілку на тигель. Пальним газом служать пропан або етилен. Для плавки тугоплавких металів використовується суміш пропану, етилену, ацетилену та повітря.

Недоліком полум'яної печі є нерівномірне нагрівання тигля. Крім того, такий спосіб плавки не виключає можливості попадання газів у розплав та утворення газових пор в охолодженому металі.

Плавка бензиновим пальником застосовується для отримання розплаву в невеликих кількостях (масою до 30 г). Плавка здійснюється полум'ям газового пальника.

Для плавки металів необхідні різні інструменти та пристосування. До основних інструментів та пристроїв відносяться плавильні чаші, тиглі, виливниці.

Плавильні чаші з вогнетривких матеріалів використовуються для плавки металів у невеликих кількостях відкритим полум'ям пальника. Вони можуть мати різні форми та розміри.

Тиглі застосовують для плавки печях. Їх виготовляють із глини та графіту.

Глиняні тиглі виготовляють із жирних глин, що не містять заліза та вапна. Щоб уникнути розтріскування та усадки тиглів при плавці, до складу глини додають кварцовий пісок та шамотне борошно. Глиняні тиглі випускаються різних типорозмірів. Вони можуть бути забезпечені кришками.

Графітові тиглі дорожчі за глиняні, але вони мають більший термін експлуатації. Графітові тиглі зазвичай виробляються у формі циліндричних або

конічних стаканчиків місткістю від 50 до 400 г (і більше). Для виготовлення використовують графіти, отримані з продуктів кам'яновугільної чи нафтової промисловості шляхом нагрівання антрациту без доступу повітря. До них відносяться графіти марок МПГ 6, МПГ 7, а також Гт 1...Гт 6. Графітові тиглі відрізняються високою вогнетривкістю та електропровідністю, однак мають підвищену схильність до окислення.

Перед початком роботи нові тиглі необхідно підготувати, навіщо їх прожарюють підвищення стійкості до окислення. Внутрішню сторону тигля покривають «глазурью» з борної кислоти (у тиглі розплавляють борну кислоту, а потім нахиляють його в різні боки, внаслідок чого внутрішня сторона покривається рівномірно розплавом).



Рис. 2.5. Виливниця

Для плавки кожного виду проби застосовують окремий тигель.

Злитки металів одержують кристалізацією розплаву у спеціальних металевих інструментах - виливницях (мал. 2.5.). Виливниці є ємністю спеціальної форми, виготовлені з металів (чавуну, сталі або міді). Вони можуть мати одну або кілька осередків, бути цільними або збірними, односторонніми або

двосторонніми, з вертикальним або горизонтальним розташуванням осередків. Виливниці призначені для одержання злитків у вигляді пластин, прутків квадратного або круглого перерізу тощо. Вертикальні виливниці складаються з двох частин, що стикуються, переставляючи які можна отримати різні форми осередків. Внутрішні поверхні виливниці повинні мати ливарний ухил $3...10^\circ$ для вільного вилучення злитків.

Нові виливниці необхідно попередньо прожарити до температури $500...850^\circ\text{C}$, потім змастити олією, бджолиним воском або натуральною оліфою.

Для плавки металів застосовують також допоміжні інструменти:

- ступку з маточкою для подрібнення бури;
- совочки для завантаження металу в тигель;
- підставки для гарячих тиглів з глини, цегли, чавуну, азбестового листа;
- р стрижні з графіту, кварцу або глини для розмішування металів;
- щипці для перенесення тиглів (губки щипців повинні відповідати формі тиглів для щільного та надійного затиску тиглів) та ін.

2.2. Технологія плавки дорогоцінних металів та сплавів

Процес плавки складається з ряду послідовних операцій: нагрівання металу або шихти до отримання рідкого розплаву, перемішування та розкислення розплаву, видалення шлаків та розливання розплаву у виливниці або форми.

За призначенням розрізняють такі види ювелірної плавки:

- плавка чистих металів;
- сплавлення чистих металів для отримання сплавів;
- переплав сплавів;
- плавка відходів;
- плавка платини та її сплавів.

При плавленні чистих металів необхідно забезпечити рівномірне розплавлення всієї маси металу в тиглі. Ця умова виконується при попередньому подрібненні великих фракцій металу на гранули у спеціальному пристрої грануляторі. При цьому допускається одночасне завантаження гранул та чистих відходів металів. Перед плавкою стінки тигля мають бути оброблені бурою для видалення забруднень.

Плавка чистого золота проводиться при температурі $1200...1280^\circ\text{C}$, срібла - $1100...1150^\circ\text{C}$, платини - $1900...2000^\circ\text{C}$.

Плавка супроводжується періодичним перемішуванням розплаву кварцовою або графітовою мішалкою.

При плавці подвійних і потрійних сплавів слід дотримуватись суворо певної послідовності завантаження шихти.

При плавленні подвійних сплавів золота Au–Ag завантаження шихти здійснюють у такому порядку: спочатку срібло, а потім золото. Усі компоненти

сплаву плавляться одночасно. Температура плавки сплавів срібла залежить від вмісту срібла. Для сплаву із вмістом срібла до 30 % температура плавлення становить 1200...1250 °С, до 40 % - 1190...1250 °С, до 80 % - 1160...1240 °С.

При плавленні потрібних сплавів золота спочатку сплавляють подвійні дорогоцінні сплави, а потім вводять у розплав мідь, яка має більш високу температуру плавлення, ніж інші компоненти. Температура плавлення потрібних сплавів визначається кількістю міді в них і становить при вмісті міді до 2,0 % 1180...1240 °С, до 8,4 % - 1170...1230 °С, до 42,7 % - 1150...1230 °С.

Плавку сплаву, що складається з невикористаної раніше лігатури, виконують у наступному порядку:

- 1) попередньо розігрівають тигель до 1000 °С; 2) плавлять золото;
- 3) додають 3...5% бури;
- 4) завантажують срібло та мідь і підвищують температуру до необхідного значення;
- 5) додають розкислювачі (цинк у кількості 0,06% від маси шихти);
- 6) витримують розплав при заданій температурі печі протягом 3...5 хв, перемішують його і видаляють шлаки.

У практиці плавки дорогоцінних металів трапляються випадки, коли сплав входить оборотний метал, який був раніше використаний. У цьому випадку плавку двох дорогоцінних металів (Au та Ag) проводять у наступній послідовності: плавка золота, плавка вторинних сплавів, плавка лігатури. Слід пам'ятати, що з плавці золота високої проби (750-й) застосування оборотного металу заборонена. Крім цього, не рекомендується використовувати графітовий тигель та розкислювачі.

Температура плавки сплавів срібла, як і при плавці сплавів золота, залежить від вмісту міді. Для сплаву 925-ї проби вона становить 1090...1140 °С, для сплаву 875-ї проби - 1090...1140 °С, для сплаву 800-ї проби - 1080...1130 °С. Плавку сплавів срібла виконують у такому порядку:

- 1) тигель прогрівають до температури 950 °С; 2) в тигель послідовно завантажують срібло, мідь та нагрівають до встановленої температури;
- 3) додають 0,4% фосфористої міді і через 2-3 хв видаляють шлак;
- 4) розплав перемішують.

Припої дорогоцінних металів містять у собі цинк чи кадмій. Порядок їх плавки дотримується такий самий, як і при плавці потрібного сплаву золота. Додатки, що легують, знижують температуру плавлення припоїв (кадмій Cd, цинк Zn), вводять у розплав, попередньо розігрів до температури 150 °С. Температура плавлення припоїв знаходиться нижче за рівень температури плавлення сплавів дорогоцінних металів — нижче 1000 °С.

Переплави сплавів виробляють переважно в ювелірних майстернях. Залежно від хімічного складу плавка сплавів, що переплаваються, може бути відновлювальним і окислювальним.

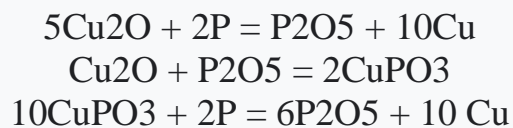
Мета відновної плавки - видалення оксидів металів та зниження вмісту кисню та інших газів у сплаві. Відновлювальна плавка виконується трьома методами:

1) розплавленням забрудненого металу під шаром змішаних флюсів. Як флюси може використовуватися бура, борна кислота, борний ангідрид, хлористий кальцій, хлористий барій, фтористий барій або натрій фтористий. Бура вводить у тигель із шихтою у масовому співвідношенні 1:100;

2) із присадкою кадмію до 0,5 % від загальної маси шихти. Мета - виведення оксидів із розплаву. Розплав витримують при температурі плавлення до виведення парів CdO;

3) з додаванням сильнодіючого відновника - фосфористої міді (1%). Вона вводить малими дозами так, щоб досягти повного видалення фосфору з розплаву, оскільки його залишки можуть викликати хрускіт сплаву.

Реакція відновлення протікає поетапно:



Окисна плавка застосовується для видалення з розплаву шкідливих домішок металів, таких як свинець, олово, цинк, алюміній. Сутність такої плавки зводиться до окислення цих домішок та виведення оксидів у шлак. Щоб здійснити повне виведення шкідливих домішок зі сплаву, плавку проводять двічі. При цьому слід пам'ятати, що плавку не можна проводити із застосуванням деревного вугілля, оскільки це може призвести до вибуху складу шихти. Остаточно охолоджені зливки піддають кип'ятінню в азотній кислоті, потім ретельно промивають і сушать. Для плавки застосовують флюси хлористих сполук у переплавленому, подрібненому або прожареному вигляді. Як розкислювач використовують цинк у кількості до 1% від маси шихти або фосфориста мідь у кількості не більше 0,05% від маси шихти.

Плавка відходів (тирса) проводиться за умови, що відходи відповідають зазначеній пробі сплаву. Очищену від домішок тирсу змішують із сумішшю флюсів і розплавляють, після чого охолоджують на сталевій плиті. За наявності домішок у сплаві проводиться окислювальна, а потім відновлювальна плавка.

Для сплавів, що не містять платину і нікель, як флюс використовують деревне вугілля або поташ.

Плавка платини та її сплавів має особливість, пов'язану з високою температурою плавлення металу. Крім того, плавка платини вимагає використання спеціальних формувальних сумішей та ливарних машин швидкої дії.

Плавка білого золота повинна проводитись у дугових електропечах чи індукційних печах високої частоти. Її виконують у такому порядку:

- 1) золото сплавляють з паладієм;
- 2) до розплаву додають срібло і сплавляють;
- 3) розплав охолоджують до затвердіння;
- 4) під гарячий королек укладають шматочки цинку та нагрівають;
- 5) сплав розплавляють та заливають у форму.

Лиття виробів з платинових сплавів проводять у центрі вакуумних машинах.

При плавленні сплавів платини слід пам'ятати, що не можна застосовувати графітові тиглі та тиглі, що містять оксид алюмінію.

Виготовлення ювелірних виробів

2.3. Виготовлення каблучок

Найпоширенішим видом гладких каблучок є обручальні. Це особливий вид прикрас, які носять без зняття, тому з усіх типів обручальних каблучок найбільш стійкими є ансамблові кільця і називають їх овальними (мають у перетині форму сегмента). Приклади обручальних каблучок та їх профілі наведені на рис. 3.1. Виготовлення обручальних каблучок, що виконуються вручну, пов'язане передусім з розрахунками. Вихідними даними для розрахунку є розмір кільця та товщина прокатної заготовки для нього. Розрахунки не залежать від форми та ширини кільця. Розмір кільця визначає його внутрішній діаметр. Розміри каблучок прийнято вважати від 15,5 до 24,0 через 0,5 мм. Товщина заготовки також обмежується мінімальними та максимальними розмірами. Мінімальна товщина (0,8 мм) може бути у плоских каблучок, максимальна (3,0 мм) - у сегментних.



Рис.2.6. Обручки та їх профілі

Виходячи з заданих розмірів та товщини кільця, довжина заготовки l (Рис. 3.2.) визначається як довжина окружності, але оскільки кільце має товщину, то діаметр приймають середнім між зовнішнім та внутрішнім. Таким чином, формулою для розрахунку довжини заготовки буде $3,14 \times D_{\text{ср}}$. Наприклад, для

кільця 18-го розміру при товщині кільця, а відповідно, і заготовки 1,6 мм. довжина заготовки буде дорівнює 61,5 мм.

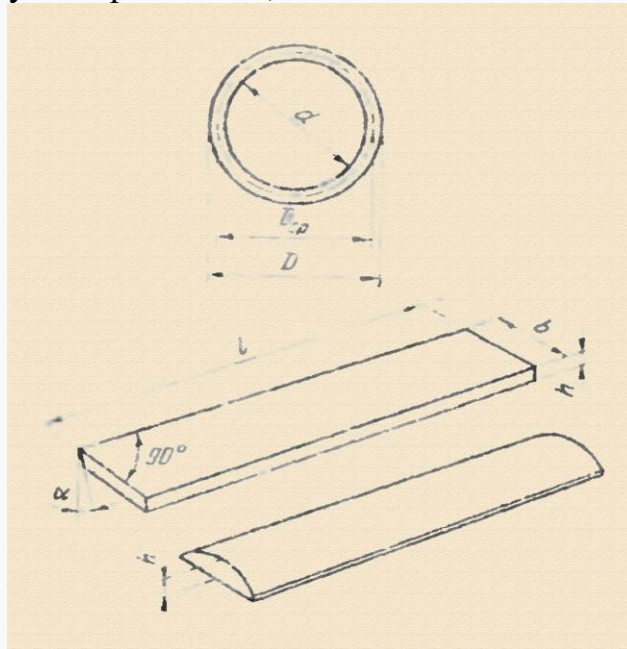


Рис.2.7. Вимірювання обручки та заготовки:

D -внутрішній діаметр (розмір кільця), D_{cp} - середній діаметр кільця, D -зовнішній діаметр кільця, l - довжина заготовки для обручки, b - ширина заготовки, h -висота заготовки, α -кут запилу кінців заготовки.

Рішення: внутрішній діаметр кільця 18-го розміру при товщині 1,6 мм. дорівнює 21,2 мм. Середній діаметр $(18,0 + 21,2):2 = 19,6$ мм. Довжина заготовки $3,14 \times D_{cp} = 3,14 \times 19,6 = 61,5$ мм. Отже, 61,5 мм - це чиста довжина заготовки.

На практиці ювеліри розраховують довжину заготовки за наближеною формулою: $3d+4h$, де d - внутрішній діаметр (розмір) кільця, h - товщина заготовки.

Розрахунки за наближеною формулою зручні та вимагають менше часу, але в цьому випадку необхідно враховувати існуючу поправку на неточність розрахунку. Результат, отриманий за наближеною формулою для заготовки товщиною 0,8 мм, буде мати різницю в 1,8 мм у меншу сторону. Отже, до розрахунку нової довжини додають поправку, що враховує цю різницю. При товщині заготовки 1,0 мм розрахунок складе 1,5 мм, при товщині 1,5 мм - 1,0 мм, при товщині 2,0 мм - 0,8 мм, при товщині 1,5 мм - 1,3 мм... і так далі. Результат, отриманий за наближеною формулою, якщо товщина заготовки більше 3 мм, буде мати різницю в більшу сторону. Оскільки розраховувати довжину заготовки майстерній ювелірній роботі доводиться досить часто, зручно користуватися розмірами, розрахованими за формулою $3,14 \times D_{cp}$ і наведеними в таблиці 1.1.

Толщина заготовки, мм	Размеры колец, мм																	
	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0
0,8	51,18	52,75	54,35	55,89	56,46	59,03	60,60	62,17	63,74	65,24	66,88	68,45	70,02	71,59	73,16	74,73	76,30	77,87
0,9	51,49	53,06	54,63	56,20	57,77	59,34	60,91	62,48	64,05	65,62	67,19	68,76	70,33	71,90	73,47	75,04	76,61	78,19
1,0	51,81	52,38	54,95	56,62	58,09	59,66	61,23	62,8	64,37	65,94	67,51	69,08	70,65	72,22	73,79	75,36	76,93	78,50
1,1	52,12	53,69	55,26	56,83	58,40	59,96	61,54	63,11	64,68	66,25	67,82	69,39	70,96	72,53	74,10	75,67	77,24	78,81
1,2	52,43	54,00	55,57	57,14	58,71	60,28	61,85	63,42	64,99	66,56	68,13	69,70	71,27	72,84	74,41	75,98	77,55	79,12
1,3	52,75	54,35	55,89	57,46	59,03	60,60	62,17	63,74	65,31	66,88	68,45	70,02	71,59	73,16	74,78	76,30	77,87	79,44
1,4	53,06	54,63	56,20	57,77	59,34	60,91	62,48	64,05	65,62	67,19	68,76	70,38	71,90	73,47	75,04	76,61	78,18	79,93
1,5	53,38	54,95	56,52	58,09	59,66	61,23	62,80	64,37	65,94	67,51	69,08	70,65	72,22	73,79	75,36	76,93	78,50	80,07
1,6	53,69	55,26	56,83	58,40	59,96	61,54	63,11	64,68	66,25	67,82	69,39	70,96	72,58	74,10	75,67	77,24	78,81	80,38
1,7	54,00	55,57	57,14	58,71	60,28	61,85	63,42	64,99	66,56	68,13	69,70	71,27	72,84	74,41	75,98	77,55	79,12	80,69
1,8	54,35	55,89	57,46	59,03	60,60	62,17	63,74	65,31	66,88	68,45	70,02	71,59	73,16	74,73	76,30	77,87	79,44	81,01
1,9	54,63	56,20	57,77	59,34	60,91	62,48	64,05	65,62	67,19	68,76	70,33	71,90	73,47	75,04	76,61	78,18	79,75	81,32
2,0	54,95	56,52	58,09	59,65	61,23	62,80	64,37	65,94	67,51	69,08	70,65	72,22	73,79	75,36	76,93	78,50	80,07	81,64
2,1	55,26	56,83	58,40	59,96	61,54	63,11	64,68	66,25	67,82	69,39	70,96	72,53	74,10	75,67	77,24	78,81	80,38	81,95
2,2	55,57	57,14	58,71	60,28	61,85	63,42	64,99	66,56	68,13	69,70	71,27	72,84	74,41	75,98	77,55	79,12	80,69	82,26
2,3	55,89	57,46	59,03	60,60	62,17	63,74	65,31	66,88	68,45	70,02	71,59	73,16	74,73	76,30	77,87	79,44	81,01	82,58
2,4	56,20	57,77	59,34	60,91	64,48	64,05	65,62	67,19	68,76	70,33	71,90	73,47	75,04	76,61	78,18	79,75	81,32	82,89
2,5	56,52	58,09	59,65	61,23	62,80	64,37	65,94	67,51	69,08	70,65	72,22	73,79	75,36	76,93	78,50	80,07	81,64	83,21
2,6	56,83	58,40	59,96	61,54	63,11	64,68	66,25	67,82	69,39	70,96	72,53	74,10	75,67	77,24	78,81	80,38	81,95	83,52
2,7	57,14	58,71	60,28	61,85	63,42	64,99	66,56	68,13	69,70	71,27	72,84	74,41	75,98	77,55	79,12	80,69	82,26	83,83
2,8	57,46	59,03	60,60	62,17	63,74	65,31	66,88	68,45	70,02	71,59	73,16	74,73	76,30	77,87	79,44	81,01	82,58	84,15
2,9	57,77	59,34	60,91	62,48	64,05	65,62	67,19	68,76	70,33	71,90	73,47	75,04	76,61	78,18	79,75	81,32	82,89	84,46
3,0	58,09	59,65	61,23	62,80	64,37	65,94	67,51	69,08	70,65	72,22	73,79	75,36	76,93	78,50	80,07	81,64	83,21	84,78

Таблиця 1.1. Довжина заготовок товщини 0,8 - 3,0 мм. для обручок з 15,5 до 25 розміру

Вихідний напівфабрикат для виготовлення обручки вручну-зливок або пруток. Знаючи товщину та ширину кільця (отже, і заготовки), злиток прокатують у профільних валках квадратного калібру до квадрата, рівного ширині кільця. Визначаючи розміри квадрата, необхідно враховувати розширення заготовки при подальшій плоскій прокатці. При продольній прокатці квадрата у плоских валках розширення становить близько 10% від ширини на валках з ручним приводом і від 10 до 50% на валках з електричним приводом. Відсоток розширення залежить від величини стиснення валками (визначається різницею між товщиною заготовки та відстанню між валками) та кількості проходів. При прокатці за один прохід (отже, при максимальному стисненні) заготовка дає максимальне розширення. Продольну прокатку заготовки у плоских валках краще виконувати з бічними обмежувачами (направляючими), що сприяють виходу прямого, рівного прокату. Заготовку прокочують до товщини кільця. Якщо обручка-кільце має бути сегментного профілю, то прямокутну (плоску) заготовку вибирають такого розміру, щоб, пропустивши через сегментний калібр профільних валків, отримати повне заповнення калібру за один прохід (без облому). Весь процес прокатки проходить з періодичним відпусканням для зняття напруг, в результаті яких можуть з'явитися розриви, розшарування та інші види браку.

Визначивши і позначивши на прокаті довжину заготовки, її відрізають з таким розрахунком, щоб близько 1 мм залишалось в запасі на запилювання або вирівнювання. Запилюють кінці грубими або середніми напилками так, щоб підготовлені кінці знаходилися під прямим кутом до сторони прокату. У цьому випадку майбутній шов (фуга) буде перпендикулярним до продольної осі кільця.

Кут запилювання зі сторони продольного профілю заготовки при товщині прокату до 1,2 мм може бути прямим. При товщині понад 1,2 мм кінці запилюють під кутом 15-20 градусів до основи (в бік загибу). Чим товщій прокат і менший діаметр кільця, тим більший кут запилювання відносно продольного профілю заготовки. Після запилювання заготовку скручують у кільце, і кінці повністю збігаються (сфуговують). Гибку м'якої, легкопіддаючоїся заготовки виробляють (в руках) плоскогубцями з мідними або закругленими (завальцьованими) зсередини губками. Важкопіддаючюся гибці заготовку вигинають на ригелі, у жолобкових пазах флахайзена або секенайзена. Переміщуючи заготовку поперек жолобка, ударами текстолітового молотка по ригелю вигинають у кільце всю заготовку, а потім в кінці її сфуговують. Якщо не вдається кінці заготовки щільно сфугувати молотком, то фугування виробляють, заганяючи заготовку в конічне отвір проколотки або сферичну ячейку анки однією, а потім іншою стороною. Фуга повинна бути настільки щільною, щоб не просвічувалася, інакше в процесі пайки припій може розтопити стінки кільця, і тоді в місці фуги можуть виявитися непропаї і пори. При прядці кільця на ригелі шов може лопнути (розірватися), і, нарешті, на готовому відполірованому кільці може бути помітна паяльна полоса неплотно сфугованого шва. Ці недоліки ведуть за собою вибраковку і виправлення кільця, що, у свою чергу, пов'язано з втратою часу, збільшенням витрат дорогоцінного металу і т.д. При фугуванні плоских кілець, особливо широких, не можна користуватися проколоткою і анкою, інакше плоска поверхня кільця утворить випуклість, і утворену щілину буде важко усунути. Фугують такі кільця молотком у жолобкових пазах.

Плотно сфуговане кільце флюсують цілісно або в місцях пайки та паяють. Нагрівають його рівномірно, щоб не розійшлася фуга, і при пайці намагаються відрізати його в такій кількості, щоб він повністю заповнив шов, не розтікаючись по поверхні. Спаяне і охоложене кільце обезжирюють, промивають і просушують. Воно ще не має остаточної форми і потребує правки. Кільце одивляються для виявлення тріщин, непропаїв, пор і ці недоліки виправляють перед правкою кільця на ригелі. Ригель представляє собою конічний стрижень, на який насаджують кільце, і ударами текстолітового молотка по всій поверхні кільця досягають повного прилегання внутрішньої поверхні кільця до утовщеної сторони ригеля. Потім кільце знімають, надягають на ригель іншою стороною і також правлять молотком до повного прилягання до ригеля внутрішньої поверхні іншої сторони. Після правки кільце повинно мати форму окружності. Якщо бокові сторони кільця мають нерівності, обручку правлять з боків на правочній плиті за допомогою бойка або пунцеля.

Спочатку перевіряють, чи рівномірно полірована внутрішня поверхня кільця. Потім вимірюють його розмір і, якщо він відповідає заданим параметрам, приступають до наступного етапу обробки - опилюванню. Опилювання виконують у строго визначеній послідовності. Використовуючи півкруглий або різновипуклий напилек, обробляють внутрішню поверхню кільця, усуваючи

нерівності, заусенці, подряпини та інші дефекти. Вибір інструменту для опилування залежить від стану поверхні кільця. Бічні сторони обробляють широким тригранним напилком, зберігаючи точні розміри кільця. Зовнішню поверхню кільця формують за допомогою тригранного напилка, щоб уникнути залишення гострих країв, а бічні сторони створювали рівний обід по периметру.

Після вирівнювання поверхні, кільце піддають шабруванню, яке виконується на тому ж обладнанні, що і опилування. При шабруванні фаски внутрішнього краю, що утворює бічну сторону і внутрішню поверхню, видаляють. Ця операція є обов'язковою, оскільки край не тільки буде подразнювати палець, але й збільшить втрати дорогоцінного металу під час полірування кільця. Після шабрування кільце надходить на полірування, і на цьому процес виготовлення виробу вважається завершеним.

Для серійного виготовлення обручальних кілець, злиток або кілька злитків прокочують у валках, повторюючи всі процеси з кожним злитком, а потім стрічкою. У підсумку отримують стрічки необхідного профілю. Відпалену стрічку розмічають циркулем на відрізки, рівні заготовкам на кільця. Далі стрічку навивають на циліндричний ригель діаметром трохи меншим, ніж розмір кільця. З одного кінця ригель має радіально розташований паз для захоплення заготовки, з іншого — ключ для насадження ручки обертання. Стрічку пропускають через дерев'яні губки, затиснуті у лещата, щільно навиваючи її на ригель у вигляді спіралі. Закінчивши навивання, спіраль знімають з ригеля і відрізають кожен виток за розміткою. Кінці кожного витка згинають і з'єднують, зварюючи. Дальші операції проходять у тій самій послідовності, що й при штучному виготовленні, але кожен етап проводять одночасно з усіма кільцями. Для пайки кілець їх флюсують одночасно і розкладають на леткалі так, щоб фуга у всіх кілець була піднята і направлена в бік майстра. Таким чином, під час пайки одного кільця одразу нагрівається наступне, що прискорює процес пайки. Отбілювання, промивання і сушіння всієї партії кілець також проводять одночасно. Всі інші операції розділяють на більш дрібні. Опилування партії кілець, наприклад, відбувається так: спочатку опилують внутрішню порожнину всіх кілець, потім кільця опилують з боків і т.д. Така операційна розділка дає можливість виконувати кожен етап швидше, скорочуючи час на випуск продукції.

Найбільш прогресивний метод виготовлення обручальних кілець — станковий, який забезпечує масовий випуск продукції. Для виготовлення обручальних кілець застосовують давильний станок, який є переобладнаним токарним станком. Обертова бабина оснащена патроном для затискання хвостовика змінних ригелів, на яких відбувається витиснення кільця. Набір ригелів охоплює розміри від 13 до 24 мм у діаметрі. Обточка і витиснення (видавлювання) кілець по ригелю відбувається за допомогою ролика, який встановлюється на місце різця. Ролик представляє собою обертовий сталевий диск, на торцевій поверхні якого по всій окружності є жолобок необхідного профілю і ширини заготовки.

Для витягування обручальних кілець використовують шайби, масу та розміри, які залежать від профілю та ширини кілець. Шайбу надягають на ригель, який приводиться в обертання включенням сигналу, і роликом прижимають шайбу до ригеля. Тиск ролика на шайбу забезпечує витягування шайби в кільце та формування за формою жолобка ролика. Зі збільшенням тиску роликом змінюється розмір кільця, внаслідок чого кільце переміщується в бік збільшення ригеля. Витягування кілець більших розмірів проводять з проміжним віджимом на ригелях відповідних розмірів. Для припинення виготовлення кільця певного розміру на ригель надягають обмежувальне кільце, яке обмежує витягування обручального кільця вгору (в бік збільшення) по ригелю.

Поверхня, витиснута з шайби кілець, не годиться для полірування, тому її шабрують на верстаті спеціально загостреним шабером. При шабруванні кілець на пресувальному верстаті утворюються відходи дорогоцінних металів (у вигляді стружки). У зв'язку з цим обладнання верстата передбачає захисти та відходосбірники у вигляді шкіряного фартуха або щільно прилягаючих пластикових коробів, до яких потрапляє стружка, обмахуючи щіткою деталі верстата, пристосування та інструмент, що знаходяться в межах захисту. Потім стружку змітають у банку для відходів.

Кільця з верхівками. Особливістю обручок від інших видів виробів є шинка, тобто обідок, який служить основою кільця і надягається на палець. Якщо шинка має по всій поверхні одне й те саме перетин, то незалежно від форми її можна вважати простою. Якщо ж перетин шинки змінюється за шириною, товщиною або формою, шинку вважають складною.

Технологія виготовлення простих шинок мало чим відрізняється від виготовлення обручальних кілець вручну. Заготовкою для шинок служить пруток або калібрований прокат потрібного профілю. Ширина обручки визначається за зразком і може залежати від розміру каменю або верхівки. Довжина заготовки для шинки розраховується за тією ж формулою, що і заготовка для обручального кільця, але від отриманого результату віднімається відстань, яку займе на шинці каст або верхівка. Для круглих кастів це буде зовнішній діаметр нижньої основи каста, для кастів інших форм і верхівки - ширина нижньої основи каста або верхівки. Товщина заготовки для шинки залежить від форми її перерізу, висоти ранту, до якого буде припаюватися шинка, і планованої маси кільця. Для плоских шинок товщина заготовки може бути 0,8-1,5 мм, для шинок сегментного профілю (овальних) - 1,2-2,5 мм.

Заготовку для шинки потрібної довжини (з урахуванням каста або верхівки) запилюють з кінців, згортають у кільце, правлять на ригелі і опилують. Потім відпалене кільце (шинку) розрізають по фузі і розводять (збільшують у розмірі) текстолітовим молотком на ригелі на відстань каста (або верхівки). Часто використовують шинки з роздвоєними кінцями. Для цього лобзиком прорізають кінці шинки вздовж по середині. Довжина розрізу вибирається індивідуально для

кожного зразка. Кожен з розрізаних кінців розводять під необхідним кутом, стежачи за тим, щоб кут "вусів" на обох кінцях шинки був однаковий.

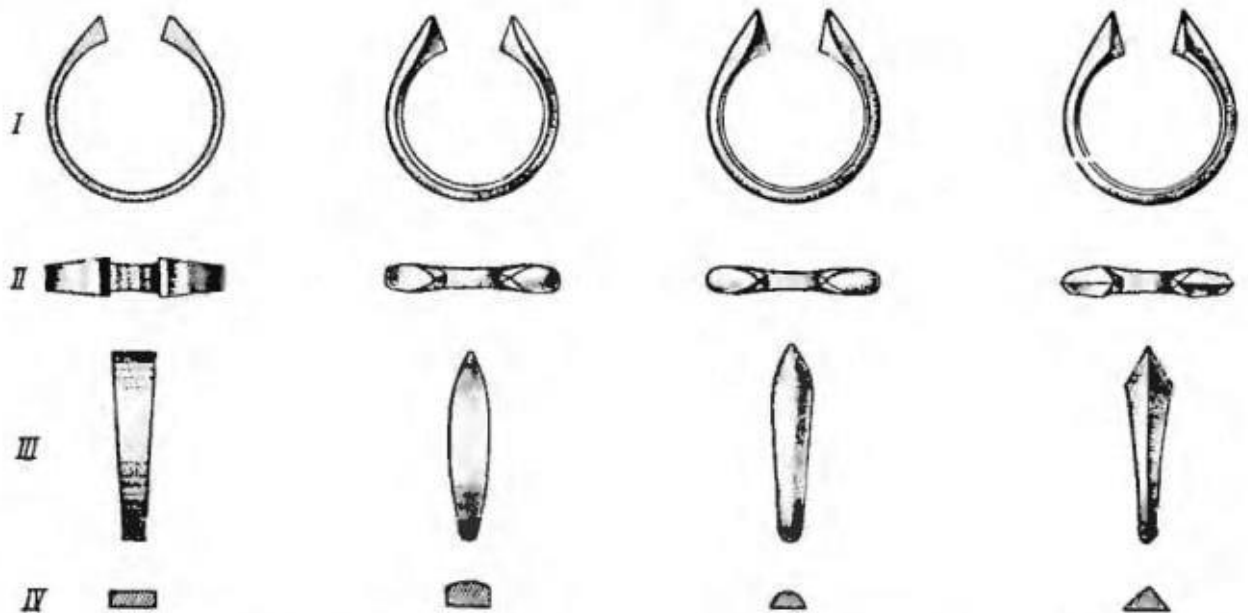


Рис. 2.8. Основні види кованих шинок (вид з боку –I, зверху –II, профіль –III, врозріз –IV)

Схему виготовлення складних шинок зручніше розглянути на найбільш поширених обручках змінного перетину, так званих "кованих" (рис.3.2.). У готовому вигляді ці обручки мають потовщення до касту, їх зовнішня поверхня (зверху) може бути різною - плоскою, овальною, трикутною, різьбленою тощо. Виготовляючи такі обручки (рис. 93), спочатку виходять з розміру самої товстої частини обручки, який диктується завданням або типом і розміром касту. Товста частина обручки може бути від 2,5 до 5 мм, тому заготовку беруть у прутку (проволоці) круглого, а частіше квадратного перетину з розміром або стороною від 3,0 до 5,5 мм. Для розрахунку довжини заготовки товщину обручки приймають середньою між самою товстою і самою тонкою частинами. Найтонша частина обручки - від 1,0 до 2,5 мм за товщиною - знаходиться навпроти касту (знизу).

За формулою розрахунку довжини заготовки для обручального кільця визначають довжину профільованої заготовки (змінного перетину) на майбутню шинку. Але поки заготовка постійного перетину, довжину її беруть трохи менше половини розрахункової довжини і вальцюють кінці заготовки у профільних валках квадратного калібру. Вальцюючи кінці заготовки, постійно стежать за тим, щоб середина її залишалася невальцьованою і краї кінців не перекручувалися. Заготовку вальцюють до розрахункової довжини, а товщина кінців повинна бути трохи більшою за задану. Кінці заготовки запаюють для фурнітури, потім заготовку згинають у кільце і пропаюють по фуге. Гибку виробляють ригелем у жолобах або у спеціальному пристосуванні таким чином,

щоб потовщена частина шинки мала згин радіусом, відповідним розміру кільця. Після пайки шинку виправляють на ригелі до утворення круглого внутрішнього отвору. З боків шинку виправляють на площині пуансоном з плоским бойком. Потім її опилують до отримання заданої форми перетину. Опилену і відпалену заготовку розпилують лобзиком посередині потовщеного відрізка і розведуть на ригелі до розміру каста або верхівки.

Прості та складні шинки для серійного випуску кілець виготовляють більш продуктивними способами: навиванням стрічкової заготовки, штампуванням та литтям.

Прості шинки постійного перерізу виготовляють методом навивання. Для цього стрічку певної форми, перерізу, ширини та товщини навивають у вигляді пружини на циліндричний ригель потрібного розміру. Довжина стрічки (заготовки) залежить від кількості та розміру шинок. Розрізана вздовж пружина дає можливість отримати необхідну кількість шинок одного розміру.

Штампуванням отримують шинки змінного перетину — ковані у вигляді заготовки у полукільце напівфабрикату постійного розміру. Завдання ювеліра полягає у подальшій доробці шинки з полукільця до потрібного розміру, фурнітурі, пайці та обробці шинки.

Лиття дозволяє отримати шинку будь-якої складності майже в готовому вигляді. Обробка проводиться з метою видалення литника і при необхідності зміни розмірів шинки та виправлення дефектів в результаті відливки.

Всі способи серійного виробництва шинок дають можливість значно підвищити продуктивність праці ювелірів, зберегти втрати дорогоцінних металів і полегшити працю робітника.

Остаточне складання кільця вважається складанням касту або верхівки з шинкою. Для точної припасовки деталей на гладких кастах будь-якої форми з двох протилежних сторін над основою надфілем запилують невеликі плоскі майданчики — всечки. Нижня частина всечки закінчується ступінкою, яка утримує шинку від зісковзування. Розміри всечок залежать від розмірів опорної площини шинки. Одна з всечок на касті повинна знаходитися на фузі, щоб при пайці запобігти розходженню шва. Кінці шинки запилують так, щоб опорні майданчики її були під тим же кутом, що і всечки на касті. Припасовану до касту шинку збирають з ним (розведена шинка пружинить, і вставлений між нею каст тримається за рахунок ступінок) і, якщо опорні майданчики не мають зазорів, припаюють. У процесі пайки кільце прогрівають рівномірно, щоб від одностороннього нагріву не перекошило шинку.

Для припасовування крапанових каст рант запилують проти кропанів, а опорні майданчики шинок загострюють вгору (до кропана). Шинку припаюють одночасно і до ранту, і до крапанової частини, зв'язуючи їх. Однак не завжди шинку припасовують до верхівки з рантом за допомогою всічок на ранті. Якщо висота ранту не дозволяє зробити всічку, то кінці шинки запилують у вигляді шипа. Шип входить між рантом і верхівкою під таким углом, щоб опорні

майданчики шинки щільно прилягали до ранту та верхівки. Щільно підігнану шинку припаюють, з'єднуючи рант із верхівкою.

До верхівки з діамантами опорні майданчики шинок запилують за формою діаманта, щоб забезпечити щільне прилягання опорного майданчика по всій висоті діаманта і верхівки

У всіх випадках шинку припасовують, дотримуючись нижнього і верхнього межі суміщення шинки з кастом або верхівкою. За умовою суміщення нижня основа каста або верхівки повинна знаходитися на одному рівні з нижньою основою опорної площадки шинки. Верхня ж межа для кожного каста або верхівки різна. Для глухого гладкого каста, наприклад, шинка може доходити до умовно позначеного закріпючого пояса; для глухого ажурного каста — до ажурного, а іноді до закріпючого пояса; для крапанового — до середини крапана; для верхівки — майже до поверхні верхівки.

Окрім кілець, що складаються з двох основних частин: верхньої (каст або верхівка з рантом чи дікелем) і нижньої (шинка), існують зразки, що мають накладки. Накладки припаюються з двох сторін, з'єднуючи шинку з верхньою частиною каста або верхівки. Різні за формою накладки, гладкі або фігурні, з камінням або без них, вдало доповнюють кільце, надаючи масивність легкому кільцю, забезпечуючи плавний перехід від каста або верхівки до шинки або художність виконання. Накладки виконують окремо відповідно до розмірів кільця і припаюють до основи оправки кільця та шинці. В основному накладки роблять у поєднанні з простими шинками, коли шинка припаюється до ранта каста або верхівки, а накладка з'єднує шинку з верхньою частиною каста або верхівки, тим самим забезпечуючи жорсткість конструкції і плавний перехід шинки в каст. У деяких випадках накладки використовують і в ковальських шинках з метою укріплення кільця накладками з іншого за кольором металу для посадки в них каменів.

Зібране кільце правлять на ригелі, щоб обідок для пальця був круглим. Але перед правкою нижню основу каста запилують по ригелю, тобто роблять сегментний виріз, відповідний розміру кільця. В середині каст опилують запилками з шинкою до тих пір, поки місце спайки каста з шинкою стане невидимим. Так поступають у всіх випадках, коли каст або верхівка не має підходящого по ригелю ранта. У кільцях з вигнутим (піднятим) ригелем місце спайки заправляють в середині і тільки після цього правлять на ригелі. Кільце правлять до повного прилягання внутрішньої його поверхні до ригеля, без особливих зусиль, щоб не розтягнути каст вздовж шинки і не змінити його форми.

Якщо кільце з накладками, то їх припаюють після правки кільця. Накладки можуть бути накладні або вставні. Накладні припаюють одним кінцем до верху шинку, а іншим до стінки касту. Вставні одним кінцем врізаються в шинку на товщину накладки, іншим спираються на стінку касту і припаюються. Такі накладки є як би продовженням шинку.

Далі виріб піддається чистовому обпилюванню зсередини та зовні, при цьому особлива увага звертається на заправку припою у місцях з'єднань. При шабрени дотримуються таку ж послідовність, що і при опилюванні, тобто спочатку шабрують весь виріб зсередини, потім шинку зовні та каст. Шабером, крім того, знімають фаски всередині каста (нижньої основи) та всередині кільця. Якщо при шабрени кільця виявляються пори і непропаї, їх усувають пайкою, після чого кільце заправляють заново.

2.4. Виготовлення сережок

Лицьова частина серег - каста, верхівки - загальна для багатьох ювелірних виробів. Відмінна їх риса - срібні пристрої, або замки. Існують два основних типи срібних пристроїв: навісні гачки, вільні і з петлями (рис. 95), і пружинні замки з ювелірною (рис. 96) і галантерейною (рис. 97) швенза.

Навісні гачки прості у виготовленні та зручні в експлуатації. Вони відрізняються за довжиною та здатністю закриватися (фіксуватися в притиснутому положенні) петлею. Для виготовлення гачків використовують дротові заготовки перетином 1,0-1,2 мм. Довжина заготовки визначається дослідним шляхом, оскільки точної формули розрахунку не існує. Однак, враховуючи, що середній діаметр загины гачка 8 мм, можна припустити, що формула $25 \text{ мм} + L_{\text{ср}}$, де $25 \approx 8 \times 3,14$ - довжина окружності; $L_{\text{ср}}$ - довжина сережки (верхівки), буде відповідати шуканій.

Пряму (правильну) дротову заготовку відрізають за розміром і вставляють у каст або верхівку. У кастах на рівні ранта свердлять або проколюють у спеціальних пристосуваннях отвір, рівний діаметру дроту, в який вставляють кінець дроту і припаюють його. У низьких кастах або накладках, до яких має припаюватися гачок, з боку основи пазовим надфілем вирізають жолобок, у який впаюють кінець дротової заготовки. До каст і верхівок, що мають низький ранець, дротову заготовку вставляють між рантом і верхівкою і припаюють. Місце пайки заправляють, і якщо гачок вільний (без петлі), його загинають. При штучному виконанні сережок загин гачків виконують вручну за допомогою круглого стержня діаметром 8 мм. Загин гачків у сережковій парі має бути абсолютно однаковим. При серійному виготовленні сережок загин гачків виконують на спеціальному важільному пристосуванні.

Якщо гачки з петльовим замком, то перед тим, як загнути гачок, припаюють замок. Петльовий замок шарнірно рухомий, складається з двох деталей: шарніра і вставленої в нього петлі. Шарнір - відрізок трубки з внутрішнім діаметром 0,8-0,6 мм, довжиною 2,5-3,0 мм, припаюється (фугою вниз) до ранту або до касту. Шарнір повинен бути припаяний строго навпроти і перпендикулярно гачку. Петлю роблять з відпущеного дроту, що вільно проходить в отвір шарніра, довжиною 12-15 мм: кінці її в протетому стані відводять під кутом і спаюють. Після складання петльового замка на сережці

гачок загинають і підганяють по довжині. Довжина гачка визначається відстанню відкинутої вниз петлі. З зовнішнього боку гачка роблять неглибоку всечку, яка фіксує петлю (при природному положенні сережки) в горизонтальному положенні. Шабрування спарених сережок проводять після повної їх обробки.

Пружинні замки більш надійні, але значно складніші за конструкцією та виготовленням. Їх збирають безпосередньо на верхівці (або касті) з протилежного боку. Пружинні замки складаються з двох основних частин: пружинного гачка та швензи. Швензи бувають ювелірні та галантерейні. Обидві частини замка роблять окремо. При індивідуальному виконанні сережок за малюнком розміри пружинного гачка вибирають залежно від форми та розмірів верхівки або касти. Найбільш поширені прямі гачки, що утворюють кутове коліно.

Пружинний гачок виготовляють безпосередньо на сережці. Для цього дротову заготовку перерізом 1,2-1,0 мм розрахункової довжини припаюють до верхівки або касту аналогічно навісному гачку. Відмітивши висоту гачка (відстань від верхівки до коліна гачка), яка може бути від 2 до 10 мм, його загинають. Якщо коліно повинно бути гострим, дріт зсередини всікають надфілем, потім загинають і всечку пропаюють. Якщо зразок допускає плавне коліно, згинання здійснюють плоскогубцями або в спеціальному пристосуванні. І в тому, і в іншому випадку кут згину повинен бути не менше 90°. Потім відмічають загальну довжину гачка, спочатку близько 10 мм. Кінець гачка злегка плющать з боків і відмічають на ньому чистову довжину гачка (відстань від коліна до зачепа) 7,5-8,0 мм. На місці відмітки всікають гачок-зачіп і обробляють його.

Складною деталлю в сережці вважається ювелірна швенза. Її розміри диктуються висотою верхівки разом з гачком (при природному положенні сережки). Заготовкою для швенз служить прокат квадратного профілю зі стороною 2,2-2,5 мм і довжиною, рівною розрахунковій з урахуванням витяжки при вальцюванні. Зазвичай швензи виготовляють попарно і заготовку беруть подвійної довжини. Швенза складається з двох суміжних деталей: дзьоба і хвостовика, що мають штифтове рухоме з'єднання. Дзьоб швензи дещо потовщений і є опорною основою для всієї швензи, хвостовик тоншає до гачка. Тому, розмічаючи заготовку для швензи, в середині її відзначають ділянку, рівну довжині двох дзьобів (близько 20 мм), а залишені кінці заготовки вальцюють у плоских валках до товщини 1,0-1,2 мм. Потім загальну заготовку розрізають навпіл на дві окремі заготовки для швензи.

Кут згину дзьоба повинен компонуватися з формою касту або верхівки і бути як би продовженням кута касту або ранта або відповідати зразку сережки. Заготовку з загнутим дзьобом прикладають до касту або ранту верхівки з протилежного боку від гачка в тому положенні, в якому вона буде припаяна. У зібраному вигляді хвостовик швензи повинен бути паралельним основі касту або ранта. Швензу розчленовують лобзиком на дзьоб і хвостовик під таким кутом, щоб утворити великі площі їхнього зіткнення і забезпечити вільне переламування

швензи назовні при штифтовому з'єднанні. При розділенні швенз не слід змішувати деталі однієї швензи з деталями іншої, щоб площі суміжних деталей не підганяти один до одного заново.

На кожній із суміжних деталей з боку майданчика товщиною 0,5-0,6 мм пилкою лобзика під певним кутом роблять поздовжні прорізи, в які підганяють плоскопрокату пластинку. Щільно посаджена в проріз хвостовика пластинка припаюється, а вільна її частина (прапорець) підганяється в проріз дзьоба так, щоб деталі швензи зійшлися без зазорів. У такому вигляді їх скріплюють шелаком, нагрівши до температури плавлення шелаку. Після затвердіння його в дзьобі швензи просвердлюють отвір діаметром 0,6-0,8 мм, так щоб він пройшов через середину вставленої в дзьоб ділянки пластини. І підігнаним під отвір штифтом деталі заштифтовують. Після цього швензи повністю обробляють: правлять, опилують, шабрують.

Замковий отвір у хвостовику швензи роблять, визначивши по гачку його рівень, потім швензу встановлюють на своє місце, застібають гачком, і основу дзьоба, заздалегідь припасовану, припаюють до касту або ранту верхівки. При пайці шелак з щілин рухомого з'єднання випаровується, і швенза набуває свого робочого стану. Повністю зібрані сережки піддають остаточній обробці - заправці паяних з'єднань і шабруванню.

Для підвищення продуктивності праці та скорочення безповоротних втрат дорогоцінних металів заготовчі відділення ювелірних підприємств виготовляють напівфабрикати ювелірних швенз різних розмірів, з різним кутом загину дзьоба та плуценим хвостовиком. Отримуючи такий напівфабрикат, ювеліри позбавляються необхідності виготовляти швензи з прутків або злитка і виконують лише монтажні роботи.

Галантерейні швензи зовні не схожі на ювелірні, але мають більш постійні розміри і кут загину дзьоба, а також незрівнянно простіші за конструкцією. Якщо ювелірна швенза відкривається, "переламуючись" на межі дзьоба і хвостовика, то галантерейна відкривається цілком, а опорною основою їй служить стійка, одним кінцем впаяна в каст або рант, а іншим - рухомо заштифтована в проріз дзьоба швензи. Монтування сережок серійного виробництва, ювелір отримує швензи майже в готовому вигляді - хвостовик швензи має замковий отвір, виконаний пробивним штампом, а дзьоб прорізи під стійку дисковою фрезою на спеціальній прорізній установці. Глибина прорізів визначається зразком, а ширина - товщиною стійки (0,6 мм). Стійки, виконані вирубним штампом, надходять у комплекті зі швензами.

Роботу над сережками з галантерейними швензами ювелір починає з пружинного гачка, підганяючи його по висоті під замковий отвір. Потім у проріз, зроблену в касті або ранті проти гачка, вставляють і припаюють стійку. По висоті стійку обрізають на глибину прорізу швензи, припаюючи їх один до одного без зазорів. Швензу фіксують на сережці в закритому стані шелаком, а дзьоб швензи просвердлюють разом зі стійкою для подальшої їх штифтовки. Підігнаним під

потрібний розмір штифтом заштифтовують швензу зі стійкою, і стійку опилують заподлице зі швензою. Остаточна обробка сережок полягає в їх заправці та шабруванні.

Спеціальна частина:

3.1. Афінаж золота та срібла

Склад сировини що включає золото та срібло дуже складний та непостійний. В них, окрім золота, можуть бути присутні срібло, мідь, свинець, сурма, миш'як, олово, вісмут та інші домішки, та випадками метали платинової групи . Домішки неблагородних металів називають лігатурой. Вміст домішок коливається в дуже широких межах від часток до 60%. Для усереднення поставленої партії сировини, з метою отримання достовірної інформації за їх випробуванні, проводять приймальну плавку.

Відомо кілька методів афінажу золота та срібла:

- хлорний процес;
- електрохімічне рафінування;
- кислотні методи афінажу.

Найбільшого поширення набули хлорний процес та електрохімічне рафінування.

Процес афінажу проводять на спеціалізованих афінажних заводах або спеціальних цехах металургійних підприємств.

Приймальна плавка. Надходять на афінажний завод матеріали піддають приймальній плавці для усереднення та випробування окремих партій сировини. Її ведуть у графітових тиглях в електричних індукційних печах. На великих афінажних заводах застосовують печі потужністю до 250 кВт із місткістю тигля до 280 кг золота.

Для зведення до мінімуму втрат шляхетних металів за рахунок випаровування плавку ведуть під шаром шлаку, використовуючи як флюс соду і буру (1,53% від маси завантаженого металу). З цією ж метою уникають зайвого перегріву металу. Плавку золото-срібних сплавів проводять при 1150-1200°С срібла при 1040÷1060°С.

При вмісті срібла більше 90%, розплав при застиганні схильний до розбризкування внаслідок виділення поглиненого кисню, тому його плавлять під шаром вугілля дерева, що створює відновлювальну атмосферу. У процесі розливання струмінь та виливниця повинні знаходитися в полум'ї пальників, що створюють відновлювальну атмосферу.

Залежно від методу афінажу, що застосовується, розплавлений метал розливають у зливки, що йдуть на афінаж хлоруванням, або в аноди, що надходять на електролітичне рафінування.

Золото-срібні сплави, що надходять на афінаж, внаслідок вмісту в них цинку, свинцю, міді та інших домішок, а також металів платинової групи, схильні до ліквідації, що ускладнює їх випробування. Щоб уникнути можливих помилок, пробу металу відбирають безпосередньо з печі, де розплав добре перемішується струмами високої частоти.

Відібрану пробу відливають у виливницю у вигляді тонкого злитка. Швидке охолодження такого зливка забезпечує достатню однорідність металу. Пробу для аналізу відбирають у вигляді стружки або тирси. Результати аналізу необхідні для точного обліку кількості шляхетних металів, що надійшли на афінаж, та розрахунку постачальниками.

Хлорний процес. Для відділення лігатури і більшої частини срібла вихідні розплави продувають у таких печах хлором з перекладом хлоридів у наведений шлак або у відгони. Після видалення зі сплаву лігатурних домішок та срібла золотий розплав, що містить до 99,7% золота, розливають у зливки і в разі необхідності піддають електрохімічному рафінуванню. Шлаки та інші відходи процесу. Хлорування для отримання срібла вимагають складної

гідрометалургійної переробки, через що такий спосіб афінажу в даний час застосовують рідко.

Хлорний процес заснований на тому, що неблагородні метали та срібло окислюються газоподібним хлором значно легше, ніж золото. Сутність цього методу полягає у продуванні хлору через розплавлене чорнове золото. Хлор насамперед взаємодіє з неблагородними металами та сріблом, золото та метали платинової групи реагують із хлором в останню чергу. Ті, що утворюються розплавлені хлориди неблагородних металів I срібла не розчиняються в металевому золоті і, маючи меншу щільність, виринають на поверхню. Частина хлоридів неблагородних металів випаровується. Хлорний процес широко застосовують у ПАР. Метал, що надходить на афінаж, містить 88÷90% Au та 7÷11% Ag. Основні домішки мідь, свинець, залізо, цинк.

Процес ведуть в індукційних печах тигельних з корундової (графітової) футеровкою. Чорновий метал, що пройшов приймальну плавку, у вигляді злитків завантажують у піч тиглів місткістю до 500кг по золоту. Для утворення шлаку в тиглі під час плавки завантажують невелику кількість суміші бури, кварцу та хлористого натрію. Тонкий шар шлаку, що утворюється, зменшує випаровування металу і оберігає стінки тигля від роз'їдання. Після розплавлення металу через кришку тигля в розплав вводять одну або дві порцелянові трубки, якими подають газоподібний хлор. Для кращого диспергування хлору в розплав у стінках трубки зроблено отвори. Процес ведуть за температури 1150°C.

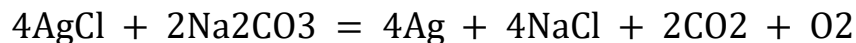
Першими хлоруються залізо, цинк, свинець. Низько киплячі хлориди заліза та цинку переходять у газову фазу. Хлорид свинцю частково випаровується, частково спливає на поверхню Металу. Випаровування хлоридів викликає інтенсивне вирування розплаву, тому подачу хлору в цей період ведуть малими дозами.

Мідь та срібло починають реагувати з хлором лише після того, як прореагує з хлором основна маса заліза, цинку та свинцю. Температура кипіння AgCl та CuCl вище температури ведення процесу, тому хлориди срібла та міді залишаються у тиглі, утворюючи на поверхні розплаву золота шар розплавлених хлоридів. Зважаючи на те, що хлориди не випаровуються, подачу хлору в цей період можна збільшити, не побоюючись розбризкування розплаву.

Розплавлені хлориди, що накопичуються на поверхні металу, а також шлак періодично видаляють із тигля і завантажують нову порцію флюсу. До кінця процесу абсорбція хлору розплавом уповільнюється, тому зменшують подачу хлору. Кінець процесу визначають по появі жовтого нальоту золота на трубках, що підводять хлор, і по появі над розплавом червоного диму, забарвлення якого пояснюється присутністю в ньому золота хлориду. Після закінчення хлорування з поверхні металу видаляють залишки хлоридів та шлаку, очищене золото переводять у міксер і розливають у зливки.

Суміш хлоридів і шлаку, отримана в результаті хлорування чорнового золота, містить значну кількість корольків золота, що заплуталися в них. Для

отримання золота її плавлять у тиглях при 1100°C. Розплав розшаровується на шлак (згори) та шар хлоридів (знизу). На поверхню розплаву окремими невеликими порціями завантажують соду, при цьому частина срібла відновлюється:



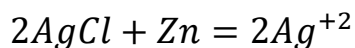
і, опускаючись як дрібних крапель на дно тигля, захоплює більшу частину золота, що у хлоридах.

Загальна кількість соди, що вводиться, становить близько 4% маси хлоридів, при цьому відновлюється приблизно п'ята частина срібла, що міститься в хлоридах, що забезпечує високий ступінь вилучення золота. Отриманий срібно-золотий сплав знову надходить на хлорування разом із новою партією золота. Обеззолочені хлориди є сировиною для отримання срібла. Вони містять до 70% хлориду срібла, решту хлориду міді, натрію, свинцю. Переробка хлоридів може здійснюватися різними методами.

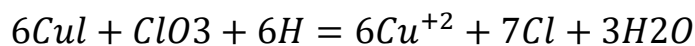
По одному з них хлориди дроблять до крупності 25 мм і багаторазово обробляють у бочках, що обертаються, гарячим 5% розчином NaCl, підкисленим соляною кислотою. Хлориди натрію та свинцю переходять у розчин; присутність у розчині іонів СГ сприяє вилуговування мало розчинного у воді хлориду CuCl:



Хлорид срібла, що залишається в нерозчинному залишку, відновлюють до металу за допомогою металевого заліза або цинку:



Інакше методу розплавлені хлориди гранулюють, виливаючи їх воду. Отримані дрібні гранули ($\leq 2\text{мм}$) обробляють водним розчином хлорату натрію NaClO₃ у присутності HCl. При цьому мало розчинний у воді хлорид CuCl окислюється до добре розчинного CuCl₂:



що різко інтенсифікує процес обмежування. Одночасно вилуговуються хлориди натрію та свинцю. Очищений хлорид срібла відновлюють до металу цинковим порошком.

Губчасте срібло після промивання та сушіння переплавляють в аноди для подальшого електрохімічного рафінування. Зміст золота в анодах 99,8÷99,9%. Процес афінажу хлоруванням простіше і дешевше електрохімічного процесу і придатний для рафінування золота будь-якої чистоти, але дає недостатньо чисте

золото (близько 99,5÷99,6%). Такий метал підходить для використання в монетарних цілях, але не задовольняє вимогам сучасної техніки, коли потрібний вміст золота $\geq 99,99$. До недоліків хлорного методу афінажу слід також віднести суттєві втрати срібла та платинових металів (якщо вони є у вихідному металі), які залишаються в очищеному золоті.

Найбільш досконалим методом афінажу золота та срібла є електрохімічне рафінування.

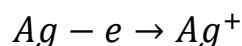
Електрохімічні методи афінажу найбільш ефективні і дозволяють отримувати метали високої чистоти при комплексному використанні всіх цінних компонентів, що входять до складу рафінованого металу.

При цьому сплави, що містять понад 80% або менше 20% золота, переробляють окремо за різними технологіями. Афінаж сплавів з переважним вмістом срібла (менше 20% золота) вимагає двостадійного електролізу: спочатку при анодному розчиненні сплаву на катоді беруть в облогу чисте срібло, а золото переводять у шлам. Потім отриманий шлам плавлять і знову електролізу з осадженням на катоді чистого золота.

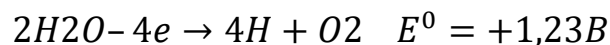
При електролітичному рафінуванні срібла В як розчинний анод використовують срібний сплав, що рафінується. Катодні основи роблять із листового срібла, алюмінію, титану або корозійної сталі. Електроліт служить водний розчин азотнокислого срібла з добавкою невеликої кількості азотної кислоти.

Схематично процес можна представити наступним чином: $\text{Ag}(\text{Al}, \text{Ti})$ (катод) | $\text{AgNO}_3, \text{HNO}_3, \text{H}_2\text{O}$, домішки | (Анод).

При електрохімічному розчиненні анода срібло перетворюється на розчин ($E^0 \text{Ag}/\text{Ag}^+ = +0,799\text{В}$)

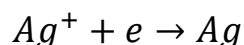


Домішки з більш позитивним потенціалом (золото, платина, паладій) випадають у шлам. Виділення кисню на аноді практично неможливе, тому що нормальний потенціал кисню в кислому розчині:



значно позитивніший за потенціал срібла. Домішки з більш негативним потенціалом, ніж потенціал срібла мідь, свинець, вісмут, цинк, залізо та інше, переходять в розчин.

Основним процесом на катоді є відновлення іонів срібла:



Срібло є одним із найбільш електропозитивних металів. Швидкість розряду іонів срібла дуже велика. Тому навіть за високих густин струму розряд

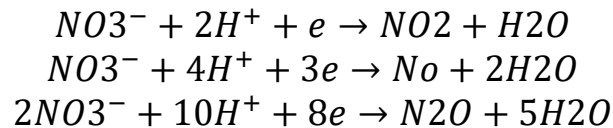
переважної більшості домішок на катоді практично виключений. Так, виділення водню на катоді:



З

теоретично можливо лише при надзвичайно низьких концентраціях срібла в електроліті, які ніколи не реалізуються на практиці.

Одне з небагатьох винятків становлять іони NO_3^- , які частково відновлюються на катоді:



З підвищенням кислотності електроліту зростають потенціали та швидкість цих реакцій. Однак при нормальному веденні процесу швидкість розряду аніонів NO_3^- залишається все ж таки невеликий і зниження катодного виходу по струму, обумовлене перебігом цих процесів, порівняно невелике. Таким чином, основним катодним процесом є відновлення катіонів срібла.

В склад електроліту, що застосовується при електрохімічному рафінування срібла, завжди входить вільна азотна кислота. Присутність кислоти збільшує електропровідність електроліту та, відповідно, зменшує витрати електроенергії. Разом з тим надмірно висока концентрація азотної кислоти небажана, оскільки при цьому прискорюється процес хімічного розчинення катодного срібла та отримують суттєвий розвиток процесу катодного відновлення аніонів NO_3^- . Це веде до зменшення катодного виходу струму, підвищенню витрати азотної кислоти, до погіршення умов праці внаслідок забруднення атмосфери цеху оксидами, що виділяються з азоту. При підвищеній концентрації азотної кислоти значно збільшується перехід у розчин паладію та платини, а також їх осадження на катоді разом із сріблом. З огляду на це концентрацію азотної кислоти в електроліті підтримують не вище 20г/л. Іноді до складу електроліту підвищення його електропровідності вводять азотнокислий калій (до 15 г/л).

В анодах, крім срібла, як домішки завжди містяться золото, метали платинової групи і неблагородні метали мідь, свинець, вісмут, цинк, залізо і т.д. У срібно-золотих сплавах, одержуваних при переробці меделектролітних шламів, присутні селен і телур. Зміст цих домішок та його поведінка при електролізі в значною мірою визначаються умовами електролітичного рафінування срібла.

Вміст в анодному металі до 20% Au не порушує перебігу електролізу. Золото має стандартний потенціал $E^0_{Au/Au + 3} = +1,58$, більш позитивний у порівнянні зі сріблом і тому воно не розчиняється на аноді, а перетворюється на шлам. При вмісті вище 20% золото утворює щільну кірку на аноді, пасивує і викликає побічні реакції на електроді.

Нормальний потенціал паладію $E^0\text{Pd/Pd} + 2 = +0,987\text{В}$ досить близький до потенціалу срібла. Тому паладій частково розчиняється на аноді і при накопиченні його в електроліті осаджується на катоді разом із сріблом. Щоб уникнути протікання цього процесу за наявності в анодному металі паладію електроліз ведуть при мінімальній кислотності електроліту і знижену щільність струму ($300\div 400\text{ А/м}^2$) і ретельно контролюють склад електроліту, не допускаючи вмісту паладію в ньому вище $0,2\text{ г/л}$.

При розчиненні анода платина, паладій, переважно перетворюється на шлам. Однак деяка її кількість може все ж таки перейти в електроліт. Так як її потенціал ($+1,2\text{ В}$) позитивніший за потенціал срібла, то вона буде осідати на катоді в першу чергу. Тому при вмісті в анодах платини, як і у випадку з паладієм, ведуть контроль складу електроліту. Максимальний вміст платини становить $0,025\text{ г/л}$.

З усіх неблагородних металів у металі анода зазвичай переважає мідь, що має стандартний потенціал $+0,337\text{ В}$. Тому вона легко розчиняється на аноді і при невеликих концентраціях не осаджується на катоді. Тим не менш, наявність значної кількості міді в електроліті може призвести до ряду небажаних явищ.

При проходженні струму через електроліт перенесення зарядів здійснюється як іонами міді, і іонами срібла. Але так як іони срібла беруть участь у катодному процесі, а іони міді не розряджаються на катоді і накопичуються в при катодному просторі, то концентрація іонів срібла у катода може стати значно нижчою, а концентрація іонів міді набагато вища, ніж в об'ємі електроліту. Внаслідок відповідного зниження потенціалу розряду іонів срібла і підвищення потенціалу розряду іонів міді в шарі прикатодному електроліту можуть виникнути такі умови, за яких почнеться спільне осадження цих металів на катоді. Імовірність спільного осадження срібла та міді зростає при підвищенні щільності струму та недостатньо інтенсивному перемішуванні електроліту.

Щоб уникнути цього, вміст міді в електроліті ретельно контролюють. Граничною концентрацією міді вважається 100 г/л ; при цьому концентрація срібла не повинна бути нижчою за 110 г/л . У середньому в робочому електроліті міститься $30\div 60\text{ г/л}$ Cu . Електролітичне рафінування сплавів срібла, в яких присутні більше $7,5\%$ Cu , економічно не вигідно, тому що доводиться дуже часто змінювати електроліт внаслідок швидкого накопичення в ньому міді вище за допустиму межу.

Присутні в анодному металі свинець і вісмут переходять в електроліт, але потім внаслідок гідролізу частково випадають у шлам (вісмут у вигляді гідроксиду, а свинець у вигляді пероксиду).

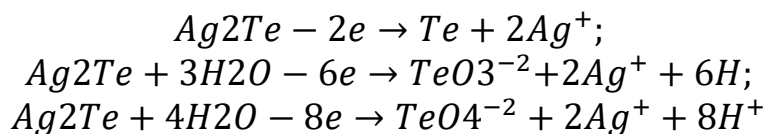
Потрапили в катодний осад вісмут і свинець легко видаляються при промиванні кристалів срібла слабкою азотною кислотою і тому при невеликих вмістах в аноді не викликають труднощів.

Присутні в анодах невеликі кількості заліза і цинку внаслідок своїх електронегативних потенціалів (-0,44 і -0,76В, відповідно) переходять в розчин і видаляються при зміні та регенерації електроліту.

Присутній в анодах селен, розчиняючись на аноді, надалі майже повністю випадає з розчину в шлам В вигляді Ag_2SeO_4 і процес електролізу істотно не впливає. При плавці катодного осаду селен, що потрапив у нього, при невеликому абсолютному зміст повністю вигоряє.

Дуже шкідливою домішкою при електроліз срібла є телур. При вмісті в анодному металі вище 0,2% телуру процес електрохімічного рафінування срібла засмучується.

При розчиненні анода, що містить телур у формі телуриду срібла, Ag_2Te можливі такі процеси:



Концентрація телуру в електроліті невелика, оскільки він утворює зі сріблом складні розчинні сполуки (наприклад, $AgHTeO_3$, Ag_2TeO_3 та ін.), які випадають в осад (шлам).

Частина телуру знаходиться у шламів в елементарному стані. У катодний осад телур може потрапити або в результаті відновлення катодного, або механічно при захопленні кристалами срібла малорозчинних сполук телуру. При вмісті в анодному металі понад 0,2% ті процес електролізу йде з виділенням оксидів азоту та утворенням сірих губчастих опадів. Останні утворюються при вмісті в електроліті 1630 мг/л Те. Тому телур слід ретельно видаляти у попередніх операціях.

Таким чином, для отримання катодного срібла високої якості та нормальної течії процесу електролізу кількість домішок в анодному металі не повинна перевищувати певних значень. Практикою роботи афінажних заводів встановлено, що вміст срібла в анодах повинен бути не менше 75%, золота не вище 20% і домішок не більше 7,5%. Зміст телуру не повинен перевищувати 0,2%.

Електроліз срібла зазвичай ведуть у прямокутних ваннах, виготовлених з вініласту, полівінілхлориду або порцеляни і укладених у каркас з дерева, фібергласу та ін. (рис. 3.1.). Місткість однієї ванни становить до 600 л.

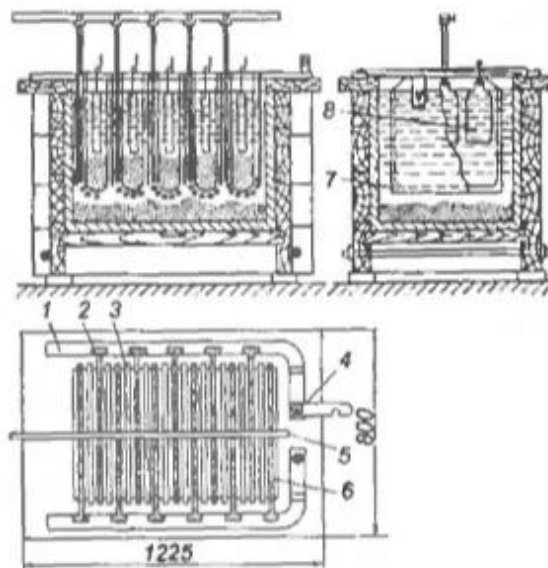


Рис. 3.1. Ванна для електролізу срібла з вертикальними електродами
 1 - шина; 2 – катодні штанги; 3 чохла; 4 – вимикач; 5 повітряна труба з відведеннями для перемішування; 6 анодні штанги; 7 катод; 8 - анод

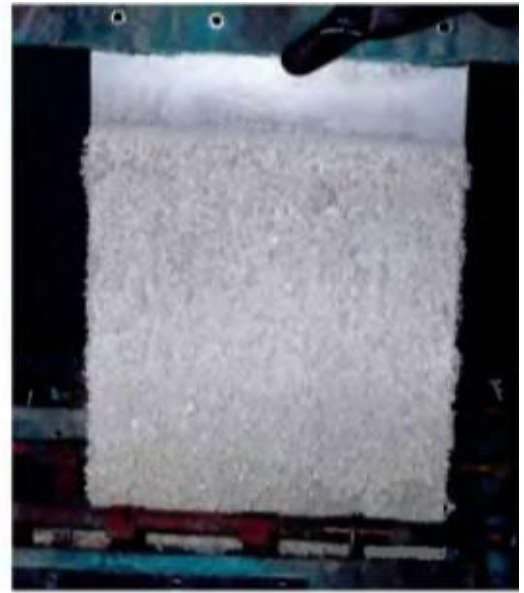
Для переробки анодного скрапу та анодів з підвищеним вмістом золота, розчинення яких йде з великим виходом анодного шламу, застосовуються переважно допоміжні ванни з вертикальними анодами. Відомо також застосування ванн з горизонтальними електродами.

На анодній штанзі підвішують від 1 до 5 анодів (рис. 3.1). Катод зазвичай роблять один на всю ширину ванни. Як катоди застосовують тонкі листи корозійно-стійкої сталі, титану, алюмінію або срібла.

Силкові лінії при електролізі розподіляються нерівномірно, концентруючись у нижній частині електродів. Тому нижня частина анодів розчиняється швидше за верхню частину. Щоб уникнути цього аноди іноді відливають потовщеними донизу частинами. Для кращого контакту з струмопідвідними шинами та зниження виходу анодних залишків зручно користуватися суцільними анодами, відлитими разом із вушками для підвішування у ванну. Аноди масою до 10 кг розраховані на розчинення протягом 2/3 діб.



а)



б)

Рис. 3.2. Процес афінажу срібла електролізом
а) - ванна електролізна; б) катод з афінованим сріблом

Процес електролізу ведуть цілодобово. Срібло осідає на катоді у вигляді великокристалічного, нещільно пристає до катода осаду. Кристали срібла ростуть до анода, прагнучи замкнути електроди. Тому їх періодично зчищають вручну лопатками чи безперервно механічними скребками. Електроліт перемішують або за допомогою стисненого повітря, що подається у ванну по вінілпластових або скляних трубках, або механічними скребками одночасно зі зняттям осаду катодного. Кристали срібла, що впали на дно ванни, періодично витягують дірчастими совками з алюмінію. Іноді одну з бічних стінок ванни роблять похилою і скребком по ній вигрібають катодне срібло. Застосовують інші методи розвантаження, зокрема безперервне механічне розвантаження за допомогою транспортера зі стрічкою з полотна.

Щоб уникнути забруднення катодного срібла, анодним шламом аноди поміщають у чохла з хлорвінілової, териленової або іншої тканини. При розчиненні анода шлам збирається всередині чохла, звідки періодично його вивантажують.

Очевидно, що оскільки на катоді осідає тільки срібло, а на аноді розчиняються срібло і домішки, катодний вихід по струму помітно перевищує анодний. Це призводить до того, що електроліт протягом електролізу поступово збіднюється сріблом та збагачується домішками. Відпрацьований електроліт виводять із ванн, замінюючи свіжим.

При виборі густини струму виходять із умови отримання чистих катодних опадів. При високих щільності струму внаслідок підвищеної анодної поляризації посилюється перехід платинових металів В розчин, отже, та його осадження на

катоді. Одночасно внаслідок поляризації катода можуть створюватися умови відновлення на ньому міді і телуру. Практично процес ведуть при щільності струму $200 \div 600 \text{ А/м}^2$, причому чим брудніші аноди, тим нижче щільність струму. Температура електроліту за рахунок тепла, що виділяється під час проходження струму, становить $30\text{-}50^\circ\text{C}$.

Катодний вихід струму при нормальному веденні процесу становить $94\text{-}96\%$, напруга на ванні $1 \div 2,5 \text{ В}$.

Витрата електроенергії коливається в межах $0,3\text{-}0,6 \text{ кВт-година}$ 1 кг афінованого срібла.

Срібло, вивантажене з ванн, промивають послідовно розведеною азотною кислотою і гарячою водою, сушать і плавлять в електричних високочастотних печах в зливки. Чистота катодного срібла після переплавлення становить $99,97 \div 99,99\%$.

Крім катодного срібла, продуктами електролізу є також анодний скрап (у разі використання ванн з вертикальним розташуванням електродів), відпрацьований електроліт та анодний шлам.

Анодний скрап, вихід якого становить приблизно 15% від маси вихідних анодів, ретельно очищають від шламу, що пристав до нього, і повертають в плавку на аноди. Можливе також доопрацювання анодних залишків у ваннах з горизонтальними електродами.

Відпрацьований електроліт надходить у ванни так званого попереднього електролізу. Анодами в цих ваннах служать низькопробні срібні сплави.

У процесі попереднього електролізу відбувається подальше зниження концентрації срібла (яку можна знизити до 10 г/л) та підвищення концентрації домішок. Срібло, що залишилося в розчині, осаджують хлоридом натрію. Хлористе срібло відновлюють до металу цинковим пилом чи залізним порошком. З несрібленого електроліту залізом цементують мідь. Катодне срібло, яке отримується в процесі попереднього електролізу, має недостатньо високу пробу і тому разом із цементним сріблом надходить у плавку на аноди для основного електролізу.

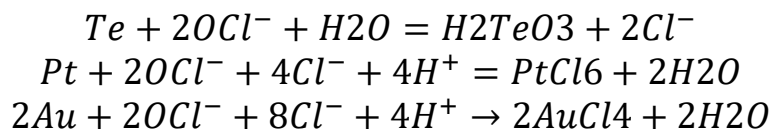
Можливі й інші, простіші методи переробки відпрацьованого електроліту, зокрема цементация срібла на мідних листах та подальша цементация міді залізним скрапом.

Свіжий електроліт готують розчиненням срібного сплаву ($99,0\%$ за сумою срібла та золота) у азотній кислоті щільністю $1,4$, розведеною $1:1$.

Склад анодних шлаків, одержуваних при електролізі срібла, залежить від вмісту золота в анодах та щільності струму. Чим вищий вміст золота в анодах і щільність струму, тим багатшим є шлам по золоту. Зазвичай анодні шлами містять $50\text{-}80\%$ Au . Основна домішка в шламі срібло, у менших кількостях присутні мідь, телур, платиновий метал і т.д.

Для відділення основної кількості срібла шлам вилуговують азотною кислотою, при цьому розчин переходить також деяка кількість платинових

металів. Для більш повного виділення платиноїдів і телуру отриманий нерозчинний залишок обробляють 10% розчином хлорного вапна або гіпохлориту кальцію і потім міцною соляною кислотою при нагріванні. У розчин переходять телур, а також платинові метали та невелика кількість золота:

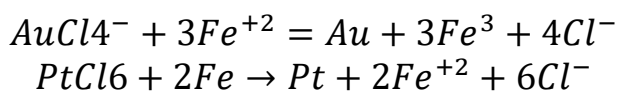


Нерозчинний залишок, у якому вміст золота досягає 98,0% і більше, направляють в плавку на золоті аноди для електрохімічного рафінування золота.

Азотнокислі розчини, отримані при обробці шламу азотною кислотою, упарюють до вмісту срібла 800-1000г/л і кристалізують. Маткові розчини знову направляють на упарювання, а кристали, що випали нагрівають до 300°C. При цій температурі азотнокисле срібло плавиться (температура плавлення 208°C) без розкладання, тоді як азотнокислі солі неблагородних металів розкладаються з утворенням нерозчинних у воді оксидів і основних солей. У нерозчинний стан переходять платинові метали. Розплав виливають у воду для вилуговування азотнокислого срібла. Отриманий розчин використовують як електроліт. Нерозчинний залишок оксидів та основних солей є матеріалом для вилучення платинових металів.

Розчин, що містить телур, платинові метали та частину золота, упарюють, а потім нейтралізують содою для осадження телуру у вигляді TeO_2 . Золото беруть в облогу хлористим залізом, а платиноїди цементують металевим залізом:

4 6



Останнім часом із боку промисловості зростає попит на метали високої чистоти. Зокрема, для низки галузей техніки потрібне срібло із вмістом 99,999 і навіть 99,9999%.

Срібло високої чистоти одержують електролізом у три цикли. Електроліт містить 120-150 г/л Ag близько 1% вільної HNO_3 . Електроліз ведуть у невеликих ваннах з вініпласту (порцеляна, алунда). Щільність струму у першому циклі електролізу 400 А/м², у другому та третьому 250-300А/м².



а)

б)

Рис. 3.3. Виробництво афінованого срібла

а) - розливання срібла в атмосфері відновника;

б) - афіновані зливки 99,99%, масою 28-30кг

Електроліт для першого циклу готують розчиненням чистого металу 99,99%. Як аноди беруть афіноване срібло тієї ж чистоти. Катодне срібло першого циклу плавлять у спеціальній печі у тиглях із чистого графіту. Воно служить для приготування анодів та електроліту другого циклу. Електроліт для другого циклу готують розчиненням отриманого срібла розведеної 1:1 хімічно чистої HNO_3 . Отриманий розчин упарюють до вмісту срібла 1200-1300 г/л і охолоджують. Кристали, що випали відокремлюють від маточного розчину, завантажують в срібну посудину і прожарюють при 300°C . Розплав зливають у воду, перемішують і дають відстоятись. Розчин фільтрують та заливають у електролізні ванни. Як аноди другого циклу беруть срібло, отримане в першому циклі.

Аноди та розчин для третього циклу готують із срібла другого циклу. Отриманий у третьому циклі катодний осад переплавляють у тиглях з чистого графіту, як правило, в індукційних печах тигельних, рис 3.3.

Срібло високої чистоти одержують у спеціальному приміщенні, ретельно очищене від пилу та газів «чиста кімната». Все обладнання виготовляють із вініпласту, порцеляни, срібла. Як реактиви застосовують хімічно чисту азотну кислоту і воду, що піддається двократній перегонці (бідистиллят).

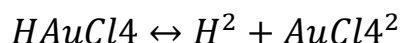
Електрохімічне рафінування золота. Афінаж золота електролізом дозволяє отримувати метал високої чистоти.

Аноди відливають з рафінованого сплаву, що містить як домішки срібло, платинові метали та деякі неблагородні метали. Електролітом служить водний розчин золотохлористоводневої кислоти з добавкою соляної кислоти.

Схематично процес можна представити так:

Au (катод) | HAuCl_4 , HCl , H_2O , домішки | Au з домішками (анод).

Золотохлористоводнева кислота є сильною і повністю дисоціює на іони:



У свою чергу аніони $AuCl_4^-$ частково дисоціюють з утворенням катіонів Au^{+3} :



Проте константа дисоціації K_d цього комплексу дуже мала ($K_d = 5 \times 10^{-22}$), т. е. рівновагу реакції зміщено вліво.

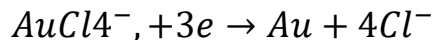
У водному розчині іони $AuCl_4^-$ можуть піддаватися гідролізу:



Однак у кислому розчині гідроліз мало йде.

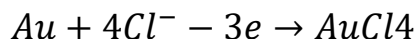
Таким чином, можна вважати, що золото в електроліті знаходиться у формі аніону $AuCl_4^-$.

Основний катодний процес при електролітичному рафінуванні золота є металевим золотом: відновлення аніонів $AuCl_4^-$ до металевого золота

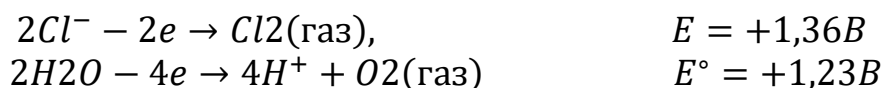


Стандартний потенціал цього процесу дорівнює $+0,99V$, тому конкуруючий з ним відновлення водню практично виключений.

На аноді відбувається розчинення сплаву, що рафінується, з переходом золота в розчин:



Оскільки стандартні потенціали хлору та кисню значно електропозитивні, ніж потенціал золота.



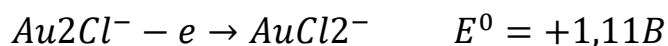
то виділення їх на аноді в нормальних умовах електролізу неможливе.

Проте характерна і дуже важлива особливість анодної поведінки золота його схильність до пасивування. При переході золота в пасивний стан розчинення анода припиняється, потенціал його зміщується в позитивну сторону і досягає такої величини, при якій стає можливим виділення газоподібного хлору.

Явище пасивування вкрай небажане: на аноді замість корисного процесу розчинення золота відбувається шкідливий процес окислення іонів хлору, що призводить до збіднення електроліту золотом та погіршення атмосфери в цеху.

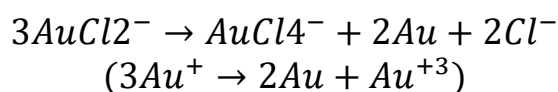
Щоб уникнути пасивування анода та виділення на ньому хлору необхідно мати досить високу кислотність та температуру електроліту. При цьому чим вище анодна густина струму, тим більше має бути в електроліті соляної кислоти і тим вищою має бути його температура. Підвищення концентрації соляної кислот і температури, крім усунення пасивації золота, веде до збільшення електропровідності електроліту і, отже, до зменшенню витрати електроенергії.

Інший, дуже істотною особливістю електролізу золота і те, що з розчиненні анода золото перетворюється на розчин не тільки у вигляді аніону $AuCl_4^-$, а й у вигляді аніону $AuCl_2^-$:



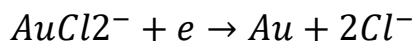
Але оскільки електрохімічний еквівалент одновалентного золота більше, ніж тривалентного, то анодний вихід струму для тривалентне золото виявляється вище 100%.

Подібно до того, як це відбувається у відомому процесі електролізу міді, між аніонами $AuCl_4^-$ і $AuCl_2^-$ встановлюється рівновага:



Однак константа рівноваги цієї реакції на відміну від константи рівноваги аналогічної реакції між іонами Cl^- та Cl_2 має значно меншу величину. Тому концентрація аніонів $AuCl_2^-$ в електроліті досить значна і цілком можна порівняти з концентрацією аніонів $AuCl_4^-$

Це призводить до того, що на катоді суттєвий розвиток отримує процес відновлення $AuCl_2^-$

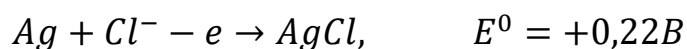


внаслідок чого катодний вихід струму у розрахунку на тривалентне золото також перевищує 100%.

В реальних умовах електрохімічного рафінування концентрація аніонів, що утворюються на аноді, $AuCl_2^-$ перевищує рівноважну величину, внаслідок чого рівновага наведеної вище реакції диспропорціонування зміщується праворуч і частина золота у вигляді тонкого порошку випадає в анодний шлам. Вилучення золота зі шламу вимагає додаткових операцій, тому необхідно запобігти утворенню порошкового золота. Практикою встановлено, що перехід золота в шлам зменшується з підвищенням густини струму.

I, нарешті, третьою характерною рисою електрохімічного рафінування золота і те, що його зазвичай проводять при змінному асиметричному струмі (процес Вольвіля). Для цього послідовно з генератором постійного струму включають генератор змінного струму з ЕРС, що трохи перевищує ЕДС постійного струму.

Необхідність застосування асиметричного струму викликана специфічною поведінкою срібла під час розчинення анодного сплаву. Будучи значно негативнішим за золото, срібло легко окислюється на аноді, утворюючи нерозчинний хлорид срібла:



Якщо процес електролізу вести із застосуванням постійного струму, хлористе срібло покриє анод товстою кіркою, внаслідок чого припиниться розчинення золота. І на аноді почне виділятися газоподібний хлор. Застосування асиметричного струму дозволяє уникнути цих труднощів.

При використанні асиметричного струму на аноді чергуються напівперіоди позитивного знака з більш короткими напівперіод негативного знака.

При анодній поляризації відбувається розчинення сплаву та утворення плівки хлористого срібла.

Під час катодної поляризації плівка $AgCl$ втрачає зчеплення з анодом та падає на дно ванни, переходячи в анодний шлам. Причина цього явища полягає, мабуть, як у частковому відновленні хлористого срібла до металу (у місцях зіткнення з анодом), так і в швидкій і значній зміні міжфазного поверхневого натягу на поверхні анода, що відбувається при зміні поляризації.

Застосовуючи асиметричний струм можна вести електроліз сплавів, що містять до 20% Пекло. При цьому відношення напруги змінного струму до напруги постійного струму ($U_{\text{пер}}: U_{\text{пост.}}$) має бути тим більше, чим більший вміст срібла в анодах.

Якщо вміст срібла в анодах невеликий (менше 6%), то електроліз золота можна вести, застосовуючи постійний звичайний струм. У цьому випадку хлористе срібло легко падає до анодного шламу, не утворюючи міцної плівки.

Крім срібла в золотих анодах присутні мідь, свинець, вісмут, телур, залізо, олово, миш'як, сурма, платина та паладій. Механізм розчинення такого багатокomпонентного металу дуже складний.

Мідь, значно електронегативніша, ніж золото, переходить у розчин, і її накопичення в електроліті, після відомої межі, створює небезпеку спільного розряду міді та золота. Тому за великого вмісту міді в анодах (понад 2%) необхідно змінювати електроліт. Допустимий вміст міді в електроліті становить 90 г/л.

Ще більш негативний свинець. Розчиняючись на аноді в першу чергу, ОН залишається в електроліті в концентраціях, що визначаються розчинністю $PbCl_2$.

При насиченні електроліту хлоридом свинцю на аноді може утворитися плівка твердої солі $PbCl_2$, яка відкладатиметься спільно з хлоридом срібла, викликаючи пасивування анода. Якщо вміст срібла та свинцю в сумі не перевищує 13%, аноди не пасивуються.

Вісмут, як і свинець, легко розчиняється на аноді і вміст його в сплаві до 0,3% не викликає труднощів. При спільній присутності в золотому сплаві 0,6% Bi ; 0,9% Pb і 12% Ag анод пасивується щільною плівкою, яка утворюється із солей цих металів. У присутності сірки невеликі кількості свинцю та вісмуту викликають часткову чи навіть повну пасивацію анода. Так, встановлено, що сплави, в яких присутні 3,6+10,1% Pb і 2,16÷6,87 % S , при електрохімічному розчиненні покриваються щільною плівкою сірчистих сполук, що сильно утруднює розчинення. Сплави з ~13% Pb , ~3% Bi , ~12% S зовсім нерозчинні під струмом.

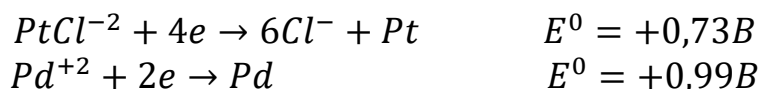
При вмісті V сплавах сульфідів свинцю і вісмуту рекомендується попередньо окислити сплав, додаючи марганцево-кислий калій у розплавленій метал у кількості, що в 3-5 разів перевищує теоретично необхідне реакції окислення сірки. При плавці як покривний флюс додають соду.

Телур розчиняється на аноді і накопичується в електроліті. При значному вмісті телуру в електроліті погіршується якість катодних опадів.

Шкідливою домішкою при електролізі є залізо. Переходячи в розчин у вигляді іонів Fe^{+2} , воно відновлює з електроліту золото і підвищує його вміст у шлам.

Олово, миш'як і сурма, перебуваючи в сплаві в невеликих кількостях (до 0,05%), добре розчиняються і не викликають ускладнень.

Платина і паладій розчиняються на аноді, утворюючи платинохлористоводневу кислоту та хлористий паладій. Оскільки стандартні потенціали цих металів близькі до стандартного потенціалу золота:



то при надмірному накопиченні в розчині їх осадження може початися на катоді разом із золотом. Гранично допустима концентрація платини в електроліті становить 50 паладію 15г/л.

Рутінь, родій, осмій та іридій (якщо вони присутні в анодах) повністю переходять у шлам.

Електроліз золота ведуть у невеликих ваннах із порцеляни або вініласту місткістю 20÷65 л.

У вітчизняній практиці застосовують фарфорові ванни місткістю 25л. Як катоди використовують золоту жерсть товщиною 0,1-0,25 мм, що виготовляється прокаткою чистого електролітного золота. Для надання катодам жорсткості їх

піддають рифліня на спеціальному пресі. У ванни (рис. 3.4.) підвішують 18 катодів на шести штангах (по три катоди в ряд) та 15 анодів на п'яти штангах (по три аноди в ряд).

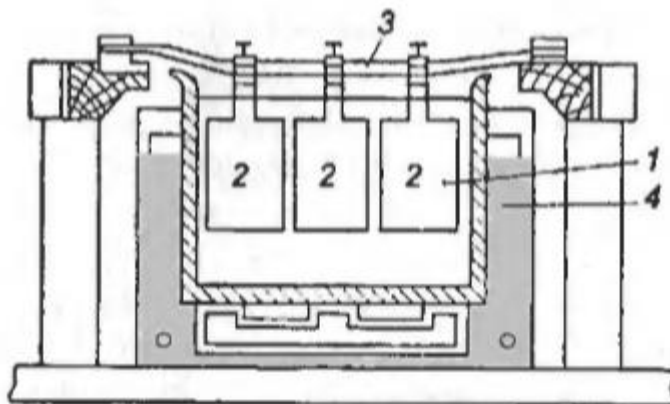


Рис. 3.4. Ванна для електролізу золота

- 1 - фарфоровий корпус; 2 аноди;
- 3 - штанга для підвіски анодів;
- 4 - водяні бані

Маса одного анода становить приблизно 2кг. Аноди підвішують до штанг за допомогою золотих стрічок, вплавлених в метал при виливку анодів. Для підтримки необхідної температури електроліту ванна встановлюється у водяній бані. Електроліт переміщується стисненим повітрям, що подається у ванну скляними трубками. Так як при електролізі виділяється хлор, ванни поміщають у спеціальній витяжній шафі. Струм підводять зовні шафи по мідним шинам, а всередині срібним як стійкішим в атмосфері хлору матеріалом. Зі срібла ж роблять штанги для підвіски електродів.

Електроліт містить $70\div 200$ г/л Au та $40\div 100$ г/л HCl. Температура електроліту $50\div 60^{\circ}\text{C}$. Електроліз ведуть асиметричним струмом густиною $600\div 1500$ А/м². Сила змінного струму зазвичай на 10% вище ніж постійного. Напруга на ванні $0,5\div 1$ В. Золото осідає на катоді у вигляді щільного блискучого осаду. Катоди розвантажують $3\div 4$ рази на день залежно від щільності струму.

Катодне золото промивають гарячою водою, очищають щітками, обробляють соляною кислотою або аміаком (для розчинення часток, що випадково пристали, хлориду срібла), знову промивають водою, сушать і плавлять в індукційній печі в зливки. Чистота катодного золота $99,98\div 99,99\%$. Основними домішками в ньому є срібло, мідь та залізо.

Анодний шлам вивантажують із ванн і відмивають водою від електроліту. Промивні води використовують для доливання ванн. Шлам завантажують у сітчастий срібний барабан, поміщений в наповнену водою ванну. При обертанні барабана хлорид срібла через отвори змивається у ванну, а більші частинки золотого анодного скрапа та дендрити катодного золота залишаються в барабані. Золоті залишки сушать та повертають у плавку на аноди. Хлористе срібло

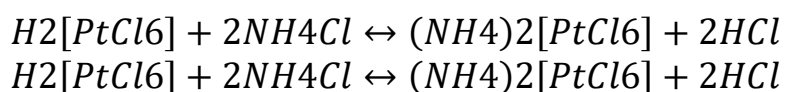
відновлюють залізним скрапом або порошком в соляно-кислому середовищі, промивають водою і плавлять аноди для срібного електролізу.

Вихід анодного скрапу при електролізі золота залежить від чистоти анодів і коливається від 10 до 20% від маси вихідних анодів. Так само, як і шлам, залишки анодів відмивають у сітчастому барабані від хлориду срібла та електроліту, сушать і плавлять в аноди.

У процесі електролізу електроліт збагачується домішками і збіднюється золотом. Працюючи на брудному електроліті можливе забруднення катодних опадів внаслідок осадження домішок. Крім цього, при забрудненні електроліту на катоді починається зростання дендритів, що призводить до замикання електродів, а на аноді кристалізація солей, що веде до пасивації анодів. Електроліт не придатний для подальшого використання, якщо концентрація золота в ньому нижче 100 г/л, а концентрація домішок вище за наступні межі, г/л: 90 Cu; 50 Pt; 15 Pd; 1,5 Pb; 4 Te; 2 Fe.

Для переробки відпрацьований електроліт заливають у спеціальні ванни, де електролізом з нерозчинними анодами з нього витягують більшу частину золота. Катодами служать тонкі золоті пластини, аноди виготовляють із графіту. Процес ведуть, застосовуючи постійний струм густиною 200÷500 А/м².

З отриманого розчину хлористим амонієм беруть в облогу платину і паладій:

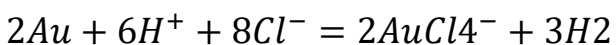


а потім за допомогою розчину хлористого заліза беруть в облогу залишки золото. Мідь цементують залізом.

Можливі інші методи переробки відпрацьованого електроліту, зокрема із застосуванням іонообмінних смол.

Свіжий електроліт готують електрохімічним розчиненням щодо чистих сплавів золота, які отримують найчастіше в результаті обробки анодного шламу срібного електролізу. Розчинення ведуть у спеціальних ваннах круглої форми, з діафрагмами з пористої порцеляни, глини або іонообмінної плівки.

У діафрагму завішують 6÷8 анодів і заливають соляну кислоту щільністю 1190кг/м³ розведену водою щодо 3:1. По обидва боки діафрагми підвішують катоди тонкі пластини із золота чи графіту. У катодне простір заливають більш розведену (1:3) соляну кислоту. При пропущенні постійного струму на аноді розчиняється золото, на катоді відновлюється водень. Сумарна реакція виражається наступним рівнянням:



Процес ведуть за допомогою постійного струму щільністю 800-2000 А/м². Напруга на ванні діафрагми з іонообмінної плівки становить до 4В, для діафрагми з глини до 14В. Температура електроліту 60+90°С.

Отриманий розчин містить 200-300 г/л Au та 45-80 г/л соляної кислоти. Його розбавляють водою та заливають у ванни основного електролізу. Свіжий електроліт можна готувати розчиненням катодного золота в соляній кислоті при пропущенні газоподібного хлору.

Перевагою процесу електролітичного рафінування золота є не лише можливість отримання високочистого металу, що задовольняє вимогам сучасної техніки, але й попутне вилучення платинових металів, що втрачаються при афінажі хлоруванням. У ПАР електролітичному рафінуванню піддають частину золота, що пройшов афінаж хлоруванням. При цьому на електроліз краще спрямовувати ті партії золота, в яких містяться платинові метали. На рис. 9.32 представлена описана вище технологічна схема електролітичного поділу срібно-золотого сплаву із вмістом золота в ньому менше 30% методом подвійного електролізу.

Кислотні методи афінажу застосовують при обробці сплавів шляхетних металів різними кислотами, причому домішки та один з шляхетних металів переходять у розчин, а другий залишається нерозчинним залишком.

Спосіб очищення за допомогою азотної кислоти заснований на вибіркового розчиненні срібла. Для повного поділу металів необхідно, щоб вміст срібла у сплаві щонайменше в два (а краще втричі) рази перевищував вміст золота. При цій умові обробка сплаву гарячою азотною кислотою дозволяє повністю перевести срібло в розчин, а золото залишити в нерозчинному залишку.

Такі домішки, як мідь, свинець, платина та паладій, також переходять у розчин.

Якщо в сплаві присутні олово, сурма або миш'як, то його слід попередньо переплавити з селітрою або купелювати для відділення цих елементів.

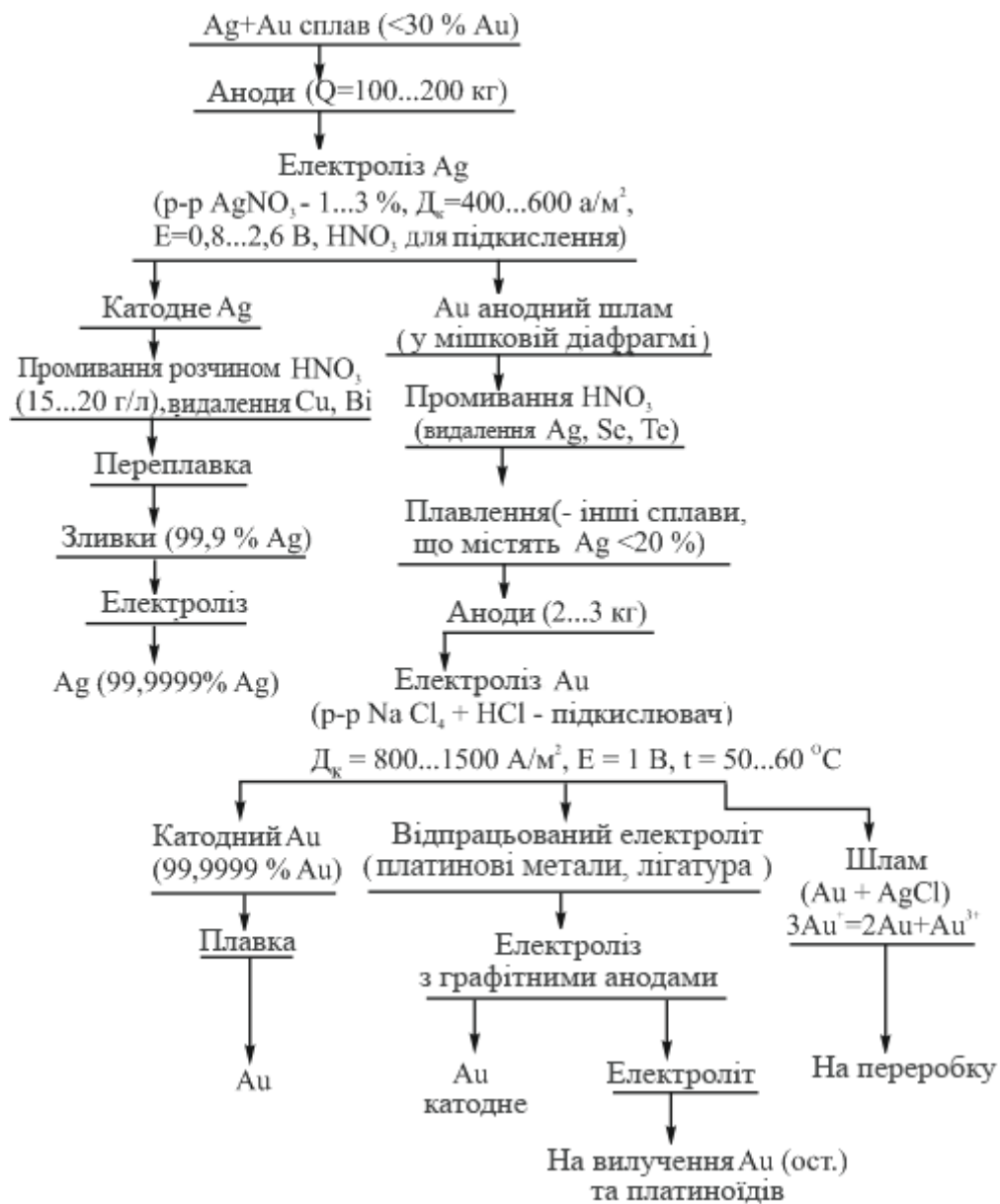
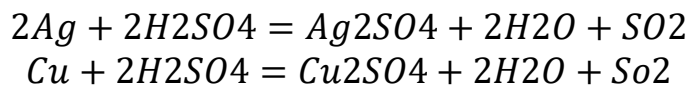


Рис. 3.5. Технологія електролітичного розподілу срібно-золотого сплаву.

Перейшовши в розчин срібло осаджують в вигляді хлориду, відновлюють металевим залізом або цинком і переплавляють зливки. Золотий залишок промивають, сушать і плавлять у зливки чистотою до 99,8%.

Замість азотної кислоти для розчинення сплавів можна використовувати концентровану сірчану кислоту (спосіб д'Арсе), як і в Попередній метод, кількість срібла у вихідному сплаві повинна бути приблизно втричі більше золота, а міді трохи більше 7,5%. Інакше розварка сплаву не може, оскільки на його поверхні відкладається сульфат міді, мало розчинний у концентрованій сірчаній кислоті.

Гранульований або відлитий тонкі пластини сплав завантажують в чавунні котли та заливають концентрованою сірчаною кислотою. При нагріванні срібло, мідь та інші неблагородні метали переходять у розчин:



Золото залишається у нерозчинному залишку.

Після закінчення процесу сірчаноокислий розчин зливають, а золотий осад, що залишився, для остаточного очищення обробляють новою порцією концентрованої сірчаної кислоти.

Отримане в результаті цих операцій золото промивають, сушать і переплавляють зливки 99,6÷99,9%. З сірчаноокислого розчину, що містить срібло, мідь та невелику кількість інших металів, за допомогою металевої міді при нагріванні беруть в облогу срібло.

У деяких випадках для використання вільної сірчаної кислоти з гарячих розчинів охолодженням викристалізують сірчано-срібло. Матковий розчин зливають і додавши свіжу кислоту застосовують для розварювання нової порції сплаву. Кристали сірчаноокислого срібла розчиняють у гарячій воді та відновлюють залізом. Відновлене срібло ретельно промивають гарячою водою, сушать і плавлять у зливки 98,0÷99,0% Ag.

Спосіб очищення за допомогою царської горілки застосовується лише до сплавів, що містять невелику кількість срібла. Гранульований сплав, що підлягає очищенню, обробляють при нагріванні царською горілкою. Золото перетворюється на розчин, утворюючи золотохлористоводневу кислоту, а срібло у вигляді хлориду залишається у нерозчинному залишку. З осаду хлористого срібла одержують металеве срібло, користуючись якимось розглянутим вище способом.

Золотовмісний розчин зливають, випарюють насухо для видалення азотної кислоти, розчиняють солі у воді, отриманий розчин відфільтровують і за допомогою відновників (наприклад, щавлевої кислоти або залізного купоросу) відновлюють з нього металеве золото. Після промивання золото сплавляють у зливки 99,8÷99,9% Au.

Кислотні методи афінажу громіздкі, дорогі і не дозволяють отримувати благородні метали того ступеня чистоти, яка потрібна для сучасної промисловості. Через ці недоліки кислотні методи в нині застосовуються обмежено. Іноді їх використовують для попереднього поділу благородних металів перед остаточним афінажем електрохімічним методом.

Висновки

1 Ювелірне виробництво структурується як цехи, які включають виробничі ділянки, адміністративні та побутові приміщення. Це дозволяє оптимізувати виробничий процес та покращити управління виробництвом. Планування та компонування цехів: Ефективне розташування обладнання та робочих місць усередині цехів є критично важливим для забезпечення прямоточності руху матеріалів та оптимізації робочого процесу. Для цього використовується графік руху матеріального потоку, що спрощує компонування цехів та відділень. ````
Типи будівель: Найбільш поширені одноповерхові будівлі прямокутної форми з різними типами колонних сіток, які забезпечують необхідну гнучкість у плануванні та експлуатації виробничих приміщень.

2 Проектування виробничих процесів: Етапи проектування: Процес проектування включає встановлення вихідних даних, визначення виробничих та допоміжних властивостей, а також уточнення техніко-економічних показників. Це дозволяє створити ефективну та рентабельну виробничу систему. Організація робочих місць: Правильна організація робочих місць ювелірів, плавильників та інших фахівців є важливим аспектом для забезпечення високої продуктивності та безпеки праці. Робочі місця мають бути обладнані сучасними інструментами та пристроями, а також забезпечувати зручність та ергономіку для працівників.

3 Технології та обладнання для плавки металів: Види плавки та обладнання: Плавка металів, таких як золото та срібло, може здійснюватися різними способами, включаючи індукційну, електричну та газову плавку. Кожна технологія має свої переваги та недоліки, що враховуються при виборі обладнання для конкретних виробничих потреб. Особливості плавки дорогоцінних металів: Технологічний процес плавки включає нагрівання металу до рідкого стану, перемішування, розкислення, видалення шлаків та розливання у форми. Важливо дотримуватися певних послідовностей завантаження шихти і використовувати відповідні флюси для поліпшення якості сплаву.

4 Кваліфікація та склад працівників: Вимоги до кваліфікації: Для виконання різних операцій на ювелірному виробництві необхідні фахівці високої кваліфікації. Ювеліри, плавильники, шліфувальники та інші працівники повинні мати відповідні навички та досвід для виконання складних і точних робіт. Класифікація робіт з розрядів: Ювеліри класифікуються за розрядами залежно

від складності виконуваних завдань. Кожен розряд передбачає виконання певного набору операцій, починаючи від простих складальних робіт до виготовлення високохудожніх виробів з використанням дорогоцінного каміння та складних технік.

5 Організація виробничих приміщень: Розміщення та планування обладнання: Ефективне планування виробничих приміщень включає правильне розміщення основного та допоміжного обладнання, забезпечення зручних проходів та доступності робочих місць. Враховуються санітарно-гігієнічні, енергетичні та протипожежні вимоги. Додаткові приміщення: У ювелірних цехах передбачено допоміжні приміщення для зберігання матеріалів, інструментів, готової продукції та відходів. Також організуються робочі місця для адміністративного та інженерного персоналу, що сприяє ефективному управлінню виробництвом. Підсумовуючи, можна зробити висновок, що для успішної організації ювелірного виробництва необхідно комплексне підходити до проектування та планування цехів, впровадження сучасних технологій та обладнання, а також забезпечення високої кваліфікації та зручних умов праці для працівників. Усі ці аспекти сприяють створенню конкурентоспроможного та рентабельного виробництва ювелірних виробів.

Джерела:

- 1 Марченко В.И., Ювелірна справа, 1963р. Є.С. Котляр, Ф. П. Ковальзон, М. А. Рівкіна, С. Н. Голубков, В.П. Бабікова
- 2 "Ювелирное искусство. Иллюстрированный справочник по ювелирным украшениям" Даниела Маскетти, Дэвид Беннетт. "Арт-родник", 2005р.
- 3 Карел Тойбл, Ювелірна справа 1982р.
В. П. Луговий, Технологія Ювелірної справи, 2012р.
- 4 [Технологія виготовлення обручок: \(zbird.com.ua\)](http://zbird.com.ua)
- 5 [Як виготовляють каблучки \(gerb.com.ua\)](http://gerb.com.ua)
- 6 [Афінаж золота — Вікіпедія \(wikipedia.org\)](http://wikipedia.org)
- 7 [Архіви Афінаж золота, срібра и металлов платиновой группы \(affinage.org.ua\)](http://affinage.org.ua)
- 8 [Золото: технології афінажа \(affinage.org.ua\)](http://affinage.org.ua)
- 9 [Обладнання ювелірних дільниць і цехів elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/25799/1/Навчальний посібник з Організації виробництва.pdf](http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/25799/1/Навчальний_посібник_з_Організації_виробництва.pdf)