

УДК

**АРТЮХ Т.М., д.т.н., проф.,
(Національний університет харчових технологій)
ЧЕРНИШОВА А. С., аспірант
Донецький національний університет
економіки і торгівлі імені
Михайла Туган-Барановського**

МЕТОДИ ЗАПОБІГАННЯ УТВОРЕННЮ ГАЗОВОЇ ПОРИСТОСТІ У СТРУКТУРІ ЮВЕЛІРНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ БІЛОГО ЗОЛОТА

В статті розглянуто поняття газової пористості, як найбільш розповсюдженого дефекту ювелірних виробів зі сплавів білого золота. Проаналізовані причини її виникнення, а також надані рекомендації щодо попередження утворення газової пористості у сплавах білого золота на етапі виробництва ювелірних виробів.

Ключові слова: газова пористість, ювелірні сплави, біле золото

Постановка задачі. Золото вже протягом багатьох років є об'єктом наукових досліджень. Його властивості добре вивчені. Цей метал здобув широкого використання в ювелірній галузі як основний матеріал дорогоцінних сплавів, що складаються з декількох компонентів та домішок, для виготовлення ювелірних виробів [1].

На сьогоднішній день за рахунок збільшення компонентів, що входять до складу дорогоцінних золотих сплавів, розширився асортимент ювелірних виробів, що різняться за кольором сплаву та іншими ознаками. Усім добре знайомі вироби зі сплавів золота червоного та жовтого кольору. Однак, на сучасному ринку значну долю займають вироби зі сплавів білого золота, що були первісно розроблені як замітники платини.

В Україні, як і у всьому світі, тенденція до створення ювелірних виробів з білого золота в останній час стала очевидною. Під поняттям «біле золото» розуміють ювелірний матеріал – сплав золота з іншими компонентами

(паладієм, сріблом, нікелем, цинком, платиною), які надають йому білий колір. Найбільш розповсюдженими на вітчизняному ювелірному ринку є прикраси з використанням сплаву на нікелевій основі, через свою низьку собівартість. Однак, механічні властивості відлитого білого нікелевого золота непередбачувані. При низькій швидкості охолодження нікелева фаза сигрегує, що призводить до крихкості виробу, пов'язаного з утворюванням газової пористості, до такого ефекту призводить і велика кількість у сплаві цинку. Тому склад сплаву ретельно підбирають, щоб зменшити ймовірність появи дефектів готового ювелірного виробу, які виникають як на етапі виробництва так і на етапі експлуатації. Серед дефектів лиття, які знижують якість сплавів на основі білого золота, найбільшу загрозу має газова пористість, що погіршує естетичні властивості ювелірних прикрас, призводить до розтріскування виробу під час експлуатації.

Отже, за таких умов та обставин важливою проблемою щодо виготовлення якісних виробів зі сплавів білого золота є аналіз та усунення причин, пов'язаних з виникненням газової пористості на стадії виробництва шляхом підбору компонентного складу дорогоцінного сплаву білого золота та надання рекомендацій щодо параметрів (умов) технологічного процесу литва ювелірних прикрас.

Аналіз досліджень та публікацій. Необхідно зазначити, що сутність формування структури ювелірного сплаву на основі білого золота вивчали відомі науковці та технологи: Д. Отт [1], В. Фачченда [2], Е. Бреполь [3], та інші.

Вплив структури на формування показників якості литва та готових відливок вивчено у роботах Е. Бреполя, яким було проаналізовано загальні принципи структуроутворення сплавів золота, в тому числі і білого, описано методи литва та досліджені можливі дефекти ювелірних виробів зі сплавів дорогоцінних металів [3].

Варто відзначити, що формування пористості під час литва висвітлено у працях Д. Отта, який уперше систематизував види та причини дефектів сплавів золота, які є основним матеріалом для виготовлення ювелірних прикрас [1].

Саме вони і слугували передумовою, яка визначила творчо-пошукові завдання цієї статті.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Є декілька видів пористості сплавів, які виглядають майже однаково. Проте, найбільш розповсюдженим типом пористості, що виникає під час лиття під тиском – є газова пористість. У сучасній науковій та технічній літературі достатньо повно описано шляхи формування газової пористості у сплавів жовтого та білого золота, шляхи її попередження під час виробництва [1, 2]. Проте відсутній науковий аналіз її ідентифікації та методів запобігання утворенню газової пористості у структурі ювелірних сплавів на основі білого золота.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є виявлення причин виникнення газової пористості ювелірних виробів на основі сплавів білого золота та методів її усунення, їх обґрунтування та аналіз відповідно до виду та типу сплаву.

Реалізація цієї мети, на наш погляд, передбачає завдання висвітлення сутності газової пористості, причин її утворення та рекомендацій щодо попередження зазначеного дефекту ювелірних виробів, їх змісту та реалізації.

Основні результати дослідження. Біле золото можна розподілити на такі типи: біле нікелеве; біле паладієве, змішане (з умістом нікелю та паладію), «альтернативне» (без нікелеве), що основане на використанні марганцю та хрому у якості регуляторів кольору, які мають різноманітні відтінки жовтого та блакитного тону [1].

Для європейських країн найбільш розповсюдженими є варіації компонентного складу сплавів білого золота 585 проби, які наведено у табл. 1.

Табл. 1 – Типовий склад сплавів білого золота 585 проби для європейських країн

Тип	Склад (‰)						Температура, °С*	
	Au	Ag	Pd	Cu	Zn	Ni	Солідус	Ліквідус
Біле нікелеве золото	585	0	0	270	50	95	920	990
Біле паладієве золото	585	215	150	50	0	0	1080	1165

Змішане	585	180	140	65	10	20	1010	1080
біле золото	585	180	140	45	0	50	995	1090

Що стосується України, то склад сплавів білого золота 585 проби регламентується вимогами ГОСТ 30649-99 «Сплавы благородные на основе благородных металлов ювелирные. Марки» та ТУ У 27.4-00201514-010-2005 «Сплавы на основі дорогоцінних металів ювелірні. Технічні умови» (Табл. 2).

Табл. 2. – Регламентований компонентний склад дорогоцінних сплавів білого золота 585 проби в Україні

Тип	Марка сплаву	Масова частка основних елементів, %					
		Au	Ag	Pd	Cu	Zn	Ni
Біле нікелеве золото	ЗлСрНЦМ 585-10-8,0-8,0	58,5-59,0	0,5-1,5	0	22,5-26,0	7,5-8,5	7,5-8,5
	ЗлСрНЦМ 585-10-11,0-5,0	58,5-59,0	0,5-1,5	0	22,5-26,0	4,5-5,5	10,5-11,5
	ЗлСрНЦМ 585-30-8,0-8,0	58,5-59,0	2,5-3,5	0	20,0-24,5	7,0-9,0	7,5-8,5
	ЗлНЦМ 585-7,0-9,5	58,5-59,0	0	0	23,5-26,0	9-10	6,5-7,5
	ЗлНЦМ 585-7,5-7,5	58,5-59,0	0	0	25,0-27,5	7,0-8,0	7,0-8,0
	ЗлНЦМ 585-9,0-8,5	58,5-59,0	0	0	22,0-25,5	7,5-9,5	8,5-9,5
	ЗлНЦМ 585-12,5-4,0	58,5-59,0	0	0	24,0-26,0	3,6-4,4	12,0-13,0
Біле паладієве золото	ЗлСрПд 585-255-160	58,5-59,0	25,0-26,0	15,0-16,0	0	0	0
	ЗлСрПдЦ 585-287-100	58,5-59,0	28,2-29,2	9,5-10,5	0	1,3	0

Змішане біле золото	-	-	-	-	-	-	-
---------------------	---	---	---	---	---	---	---

Дані таблиці 2, свідчать про те, що в Україні відсутні змішані сплави білого золота. Переважно відбілюючим компонентом у сплаві є нікель, але як було встановлено сплави на його основі при виливці мають більше дефектів, ніж на основі інших компонентів.

На підставі аналізу дефектів ювелірних виробів з білого золота (рис.1), що виготовляються на вітчизняних підприємствах за допомогою литва по виплавним моделям можна зробити висновок, що дефекти лиття та брак моделі є найбільш розповсюдженими.

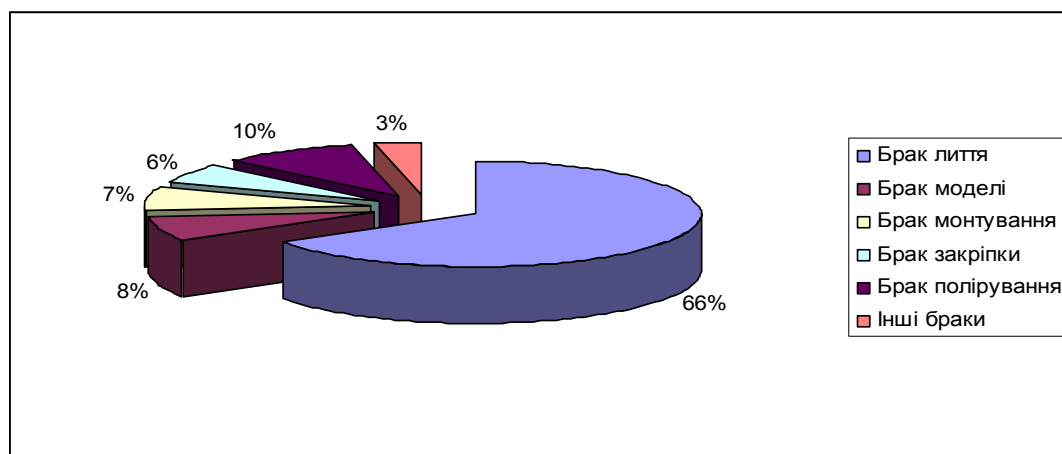


Рис. 1. Структура дефектів ювелірних виробів

Проте, якщо брак моделі можна виявити на підприємстві та попередити потрапляння неякісних виробів до роздрібного продажу, то дефекти, що виникають під час литва, особливо внутрішні (ідентифікуються за допомогою спеціального обладнання) можуть проявити себе лише під час експлуатації.

Дефекти лиття розподіляють на 5 основних категорій: пористість, усадкові дефекти, дефекти заливки, дефекти форми та металургійні дефекти.

Серед дефектів лиття пористість займає близько 50 %. Є декілька видів пористості сплавів, які виглядають майже однаково. Проте, найбільш розповсюдженим типом пористості, що виникає під час лиття під тиском – є газова пористість [2]. Газову пористість можна спостерігати при 10(50)-ти кратному збільшенні для великих та дрібних пор відповідно (Рис. 2).

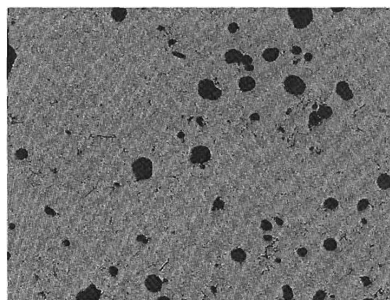


Рис. 2. Зовнішній вигляд газової пористості [1]

Газова пористість має вигляд круглих пухирців у відливку після охолодження та може проявити себе як на поверхні так і сконцентруватися усередині виробу. Тому, реальна загроза газової пористості це не зовнішній вигляд самого виробу, а збиток який вона може нанести у результаті розтріскування виробу під час експлуатації.

Як правило, газова пористість у сплавах білого золота виникає у результаті перегріву сплаву в процесі лиття, через те, що у розплавленому стані, метали дуже мінливі і можуть поглинати газ, зазвичай водень. Тобто, при підвищеній температурі заливки відбувається загазування металу киснем повітря, яке з одного боку знижує рідкоплинність, а з іншого – погіршує якість металу, що призводить до утворення газових пор. Коли метал входить у форму, газ концентрується в невеликій кишені і залишається там після того, як метал твердіє. Таким чином у вилитому сплаві утворюються ями і діри.

При високій температурі будуть обсипатися графітові тиглі. Частинки формомаси, що потрапили до сплаву, також призводять до численних пор. Крім того, при високій температурі кристалізації збільшується зерно вилівки, що призведе до утворення тріщин.

Ще однією з причин виникнення газової пористості є використання брухту та забрудненого сплаву.

До газової пористості може призвести і неправильно підібраний компонентний склад сплаву золоту.

Крім того, формуванню пористості спричинює неправильне приєднання ливникової системи. Пустоти у відлитих ювелірних виробах виникають і у результаті неповного випалювання воску та через малий час прожарювання.

Таким чином, виявив причину появи цього дефекту можна надати певні рекомендації щодо його попередження. Перш за все, щоб уникнути цього дефекту, перероблені відходи слід використовувати якомога менше, щоб запобігти забрудненню сплаву. При використанні брухту необхідно забезпечити його максимальну очистку, уникати використання металів, що легко утворюють оксиди.

Однією з умов попередження дефекту газової пористості є чітке дотримання температурного режиму процесу відливки. Також потрібно заливати метал у відливку з максимально низькою температурою (або використовувати сплави золота з лігатурними металами, що мають низьку температуру плавлення). Для цього необхідно підвищити температуру форми та збільшити швидкість обертання відцентрованої установки. Крім того, слід розробити ливникову систему, яка забезпечить спрямованість твердіння відлитого сплаву. При цьому, слід враховувати температурну похибку, яка становить 50 – 100 ° С.

Необхідно контролювати процес, пов'язаний зі зміною хімічного складу сплаву, через вигорання лігатури.

Висновки. На підставі проведеного аналізу розблено процедуру запобігання дефектів ювелірних виробів на основі сплавів білого золота під час литва (табл.3.).

Табл. 3. Причини виникнення газової пористості ювелірних виробів на основі сплавів білого золота та методи їх усунення

№ з/п	Назва причини	Характеристика причини	Метод усунення
1	Недотримання температурного режиму	Підвищена температура у печі	Зменшити температуру відливки, забезпечити якість термопари
2	Сторонні включення у сплаві	Включеннями можуть слугувати залишки формомаси, невідлитого воску та кусочки відколотого	Необхідно уникнути використання переробленого сплаву (брухту) при виготовленні

		тигля або печі	ювелірних виробів. Регулярно здійснювати контроль за станом робочої зони (чистоти тиглів та печі)
3	Склад сплаву	Використання у сплаві компонентів, що легко утворюють оксиди	Ретельно підбирати склад сплаву білого золота для литва

Підводячи підсумок, необхідно зазначити, що контроль за усуненням газової пористості вимагає запланованих зусиль технологів щодо процесу лиття та вмісту й консистенції сплаву.

Література

1. Отт Д. Справочник по дефектам лиття и иным порокам ювелирных изделий из золота / Перевод с англ. – Омск: Издат. Дом «Дедал-Пресс», 2004. – 92 с.
2. Фачченда В. Литьё по выплавляемым моделям. Справочник / Перевод с англ. – Омск: Издат. Дом «Дедал-Пресс», 2005. – 104 с.
3. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела. – 4-е изд., Стереотип. – Л.: Машиностроение, 1982. – 383 с.
4. ТУ У 27.4-00201514-010-2005 Сплави на основі дорогоцінних металів ювелірні. Технічні умови.
5. ГОСТ 30649-99 Сплавы благородные на основе благородных металлов ювелирные. Марки. – К.: Госстандарт Украины, 2002.