

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ
Кафедра матеріалознавства ім. Ю.М. Тарана-Жовнір**

**ДОСЛІДНИЦЬКА ПРОПОЗИЦІЯ
вступника до аспірантури Дзюбіної Аліни Валентинівни**

Спеціальність 132 - матеріалознавство

Тема: **ЗАКОНОМІРНОСТІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ БРОНЗИ
БРА9ЖЗЛ ПРИ ЛЕГУВАННІ, ЗМІНІ УМОВ ФОРМУВАННЯ
ВИЛИВКІВ ТА ТЕРМІЧНІЙ ОБРОБЦІ**

Вступник _____ А.В. Дзюбіна

Передбачуваний науковий керівник,
д.т.н., проф. _____ К.І. Узлов

Завідувач кафедри, д.т.н., проф. _____ В.З. Куцова

Дніпро
2017

МЕТА, ЗАВДАННЯ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1

Мета роботи: призначення раціонального сполучення легування ефективним вмістом цинку і, як наслідок, структуроутворення бронзи БрА9Ж3Л при формуванні виливків та їх термічній обробці для отримання литва з високими показниками механічних та експлуатаційних властивостей.

Завдання:

- визначити стехіометрію, властивості залізовмісної фази (Fe_3Al або FeAl_3) в бронзі БрА9Ж3Л та розв'язати питання впливу цієї фази на кінетику фазових перетворень в системі мідь-алюміній-залізо;
- провести кількісну оцінку співвідношення структурних складових та реалізувати детальний морфологічний аналіз α -твердого розчину в структурі БрА9Ж3Л з різним вмістом цинку;
- вивчити закономірності структуроутворення та генезис евтектоїдних структурних складових БрА9Ж3Л з різним вмістом цинку;
- проаналізувати наслідки впливу термічної обробки на зміну кінетики структуроутворення бронзи, легованої цинком;
- встановити причини принципової зміни закономірностей структуроутворення бронзи БрА9Ж3Л при підвищенні вмісту в ній цинку понад 5 мас%;
- для сплавів концентраційного інтервалу >5 мас% Zn реалізувати дослідження кінетики фазових перетворень з метою встановлення раціональних режимів термічного впливу на структуроутворення цих бронз;
- провести детальний аналіз механічних характеристик БрА9Ж3Л з різним вмістом цинку з точки зору їх відповідності хімічному складу і, як наслідок, структурному стану сплавів та режимам їх термічної обробки.

Об'єкт дослідження: процеси структуроутворення бронзи БрА9Ж3 при легуванні, зміні умов формування виливків та термічній обробці.

Предмет дослідження: закономірності формування мікроструктури, рівнів механічних і експлуатаційних властивостей при зміні умов формування виливків із бронзи БрА9Ж3, кількості легуючих компонентів та при термічній обробці фасонного литва.

- Мідь є одним з основних металів, на яких багато в чому тримається сучасна цивілізація. По об'єму виробництва та споживання кольорових металів у світі мідь поступається тільки алюмінію, займаючи друге місце у виробництві (алюміній, мідь, свинець, цинк, нікель).
- В Україні річне виробництво рафінованої міді складає в середньому 25 тис. т. на рік. А споживання міді в Україні протягом 2000 ... 2005 рр. в середньому складає близько 70 тис. т. В Україні більше 70% всієї споживчої міді йде на виробництво електротехнічних виробів, 15% на елементи будівельних конструкцій, 5% – на деталі машин та механізмів, 4% – на транспортні конструкції і 4% – на інші види виробів.
- Перспективною сировинною базою України є Рафаловське родовище, яке знаходиться на територіях Волинської та Рівненської областей. Ресурсний потенціал Рафаловського родовища оцінюють у 25,1-25,8 млн. т в перерахунку на рафіновану мідь.
- Трійку лідерів світового ливарного ринку формують Китай, США та Індія. Україна в світовому ливарному рейтингу займає достатньо почесне 13 місце.
- Найбільшими постачальниками виливків за підсумками 2014 р. є Китай, США, Японія і Індія. Україна в даному рейтингу достатньо впевнено входить в першу десятку постачальників виливків.
- 2016 рік по праву можна назвати роком розвитку електричних автомобілів. За минулий рік стало абсолютно очевидно, що майбутнє – за електрифікацією транспорту. 2016 рік для електромобільного ринку України став винятковим – це перший рік скасування мита, активний інфраструктурний розвиток, спрощення процедури сертифікації, динамічне зростання кількості електричних авто на дорогах, а ще – оголошення програми електрифікації автомобільного транспорту.
- Закономірності, зростання попиту саме на литво з електротехнічних матеріалів (міді та сплавів) для автомобільної промисловості вже в найближчий час очікується стрімким.
- Вдосконалення існуючих та розробка нових технологічних процесів виготовлення ливарних виробів з мідних сплавів, зокрема бронз, та їх ефективних режимів термічної обробки є актуальним завданням сучасного матеріалознавства та промисловості.

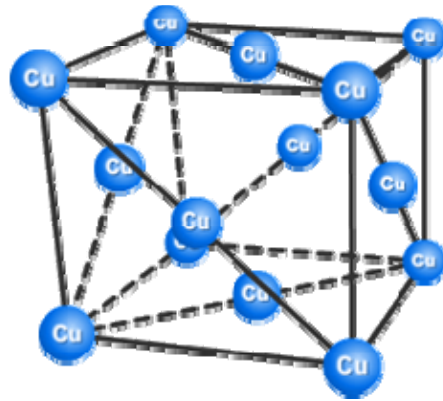


Рисунок 1 – Гранецентрована кристалічна гратка міді

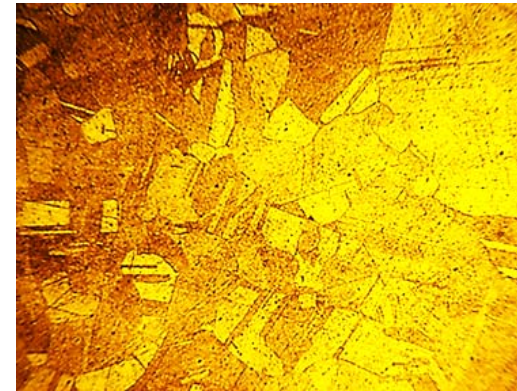


Рисунок 2 – Мікроструктура (×300) технічно чистої безкисневої міді

Фізичні властивості чистої міді:

- відносна атомна маса (атомна вага): 63,54
- щільність: 8,94 г/см³
- температура плавлення: 1083°C
- температура кипіння: 2567°C
- питома теплоємність при 20°C: 0,092 кал/(г · °C)
- теплопровідність при 20°C: 0,941 Вт/(м·°C).
- питомий електроопір при 20°C : 0,0178 (Ом · мм²)/м
- коефіцієнт лінійного розширення при 20° C: 16,4 · 10⁻⁸ 1/°C

Таблиця 1 – Типові механічні властивості технічної міді

Стан міді	σ_B , кгс/мм ²	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм ²	δ , %	Твердість, НВ
Лита	16	3,5	25	40
Деформована (МТ — мідь тверда)	45	40	3	125
Відпалена (ММ — мідь м'яка)	22	7,5	50	55

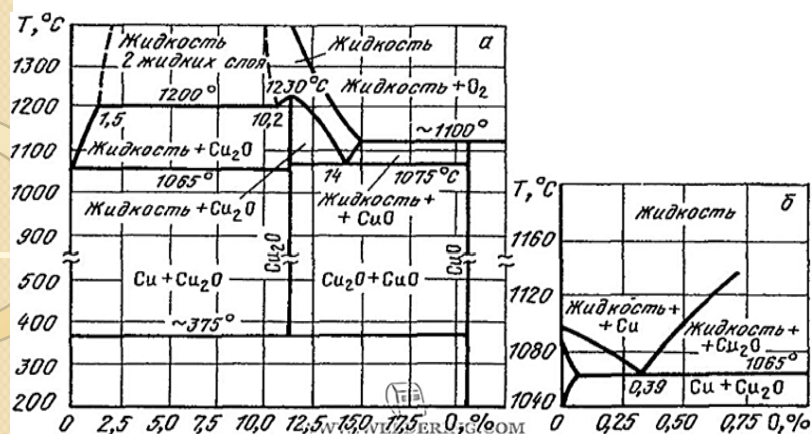
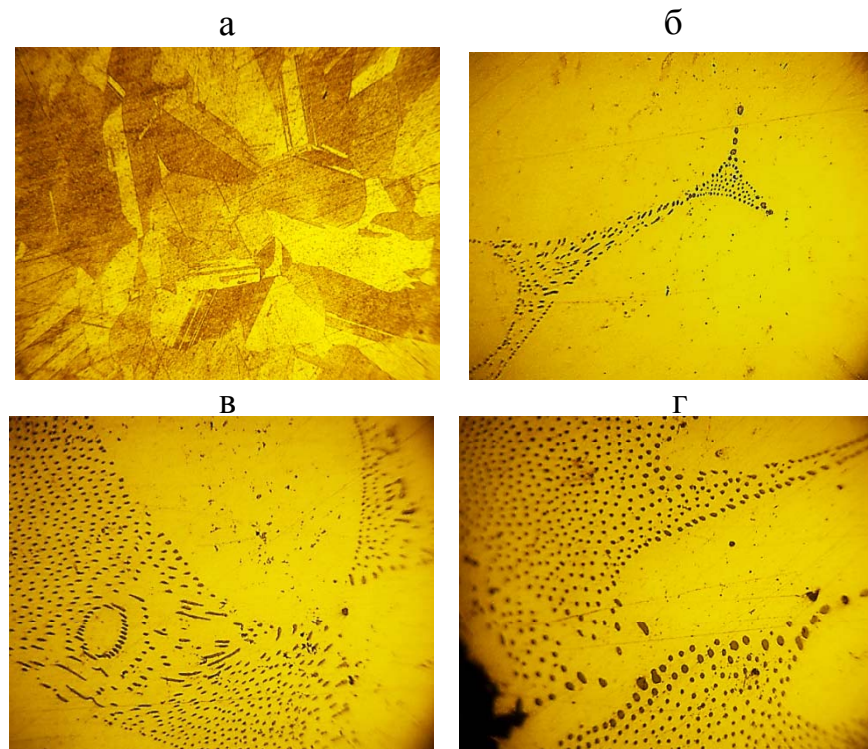


Рисунок 3 – Двокомпонентна діаграма системи мідь-кисень

Властивості міді марки М1:

- твердість матеріалу (НВ) = 45 МПа;
- лінійна усадка, %: 2,1;
- температура лиття, °С: 1150 – 1250;
- температура плавлення, °С: 1083.



а – $\times 100$, б, в, г – $\times 500$

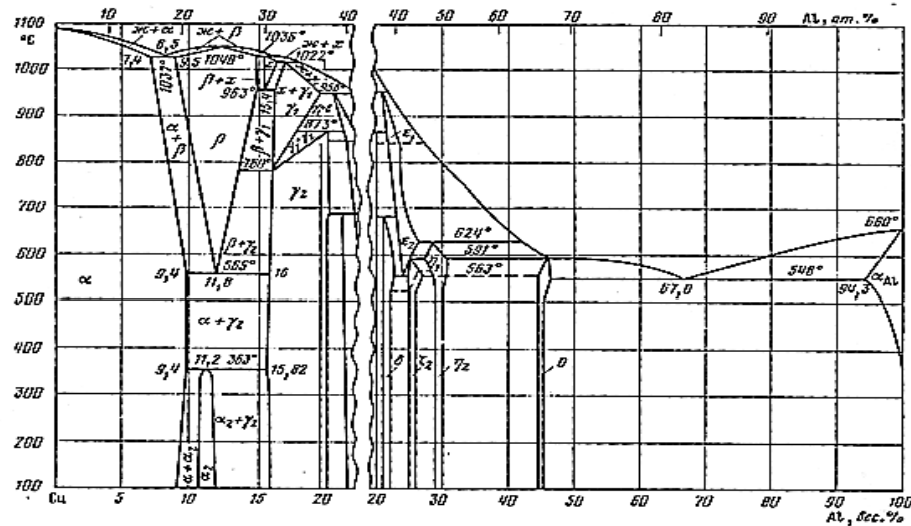
Рисунок 4 – Мікроструктура промислової відливки міді М1 за радіальним перерізом

Таблиця 2 – Хімічний склад міді марки М1 за ГОСТ 859-2014

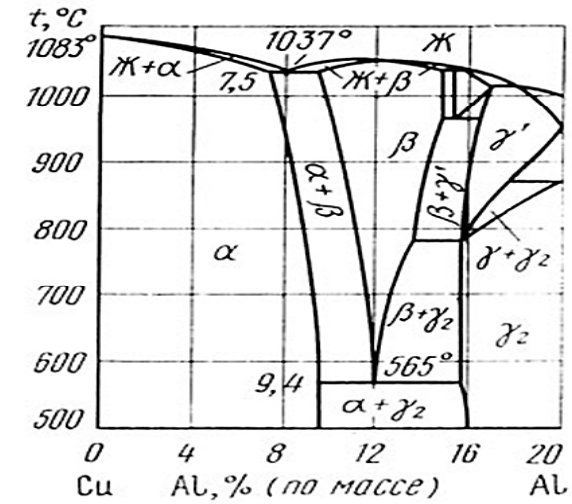
Позначення марки	Масова доля елементу, %											
	Мідь, не менше	Мідь + срібло, не менше	Домішки, не більше									
			Вісмут	Залізо	Нікель	Цинк	Олово	Сурма	Миш'як	Свинець	Сірка	Кисень
М1	-	99,90	0,001	0,005	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,005	0,004	0,05

СПЛАВИ ДВОКОМПОНЕНТНОЇ СИСТЕМИ Cu-Al

5



а

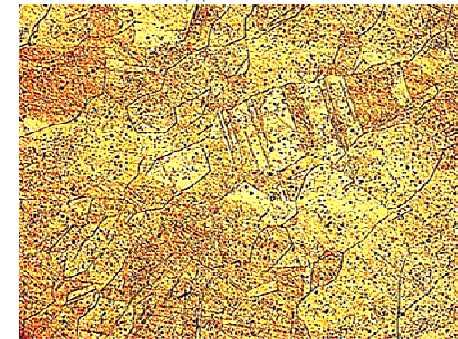


б

Рисунок 5 – Двокомпонентна діаграма системи мідь-алюміній



а



б

а – α - зерна з дендритною ліквідацією (×300), б – однорідний твердий розчин (×100)

Рисунок 6 – Мікроструктура алюмінієвої бронзи БрА5

Таблиця 3 – Хімічний склад безолов'яних бронз БрА5 та БрА7, що піддаються обробці тиском за ГОСТ 18175-78

№ з/п	Марка	Вміст елементів, мас. %	
		алюміній	мідь
1	БрА5	4,0-6,0	основа
2	БрА7	6,0-8,0	основа

СПЛАВИ СИСТЕМИ Cu-Al-Fe

6

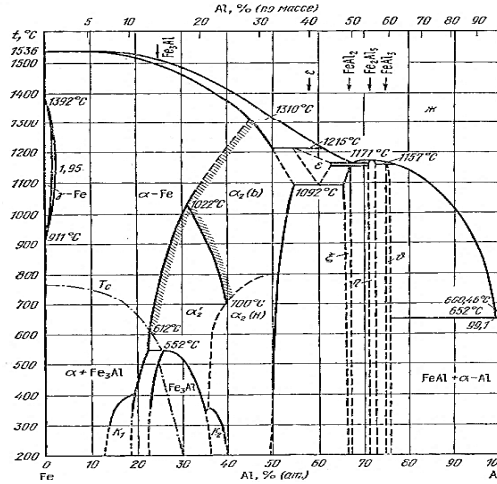


Рисунок 7 – Двокомпонентна діаграма системи залізо – алюміній

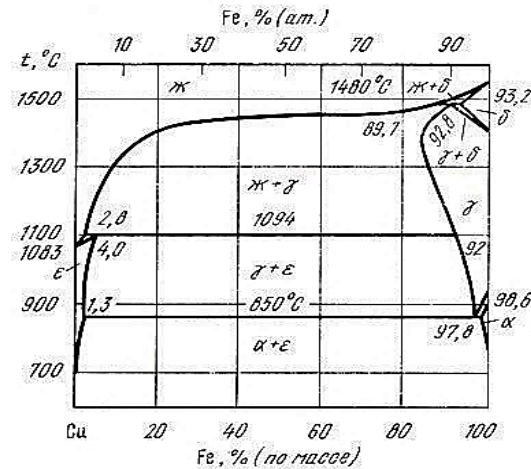
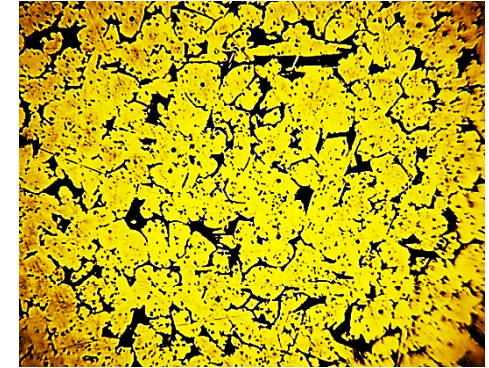


Рисунок 8 – Двокомпонентна діаграма системи мідь – залізо



а



б

Рисунок 9 – Типова мікроструктура (×100) БрА9ЖЗЛ

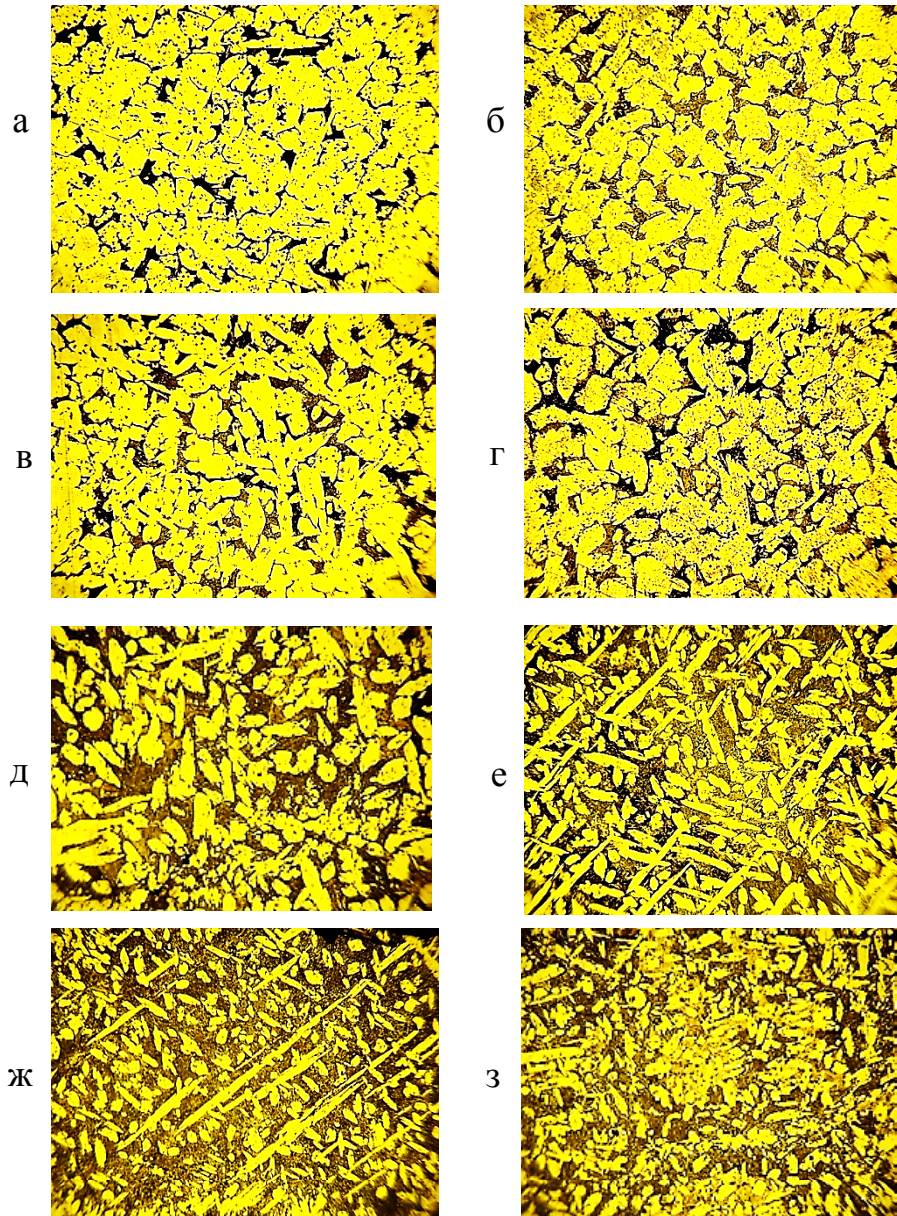
Таблиця 4 – Хімічний склад безолов'яної ливарної бронзи БрА9ЖЗЛ за ГОСТ 493-79

Марка сплаву	Хімічний склад, мас. %											
	Основні компоненти			Домішки, не більше								
	Алюміній	Залізо	Мідь	Миш'як	Сурма	Олово	Кремій	Нікель	Свинець	Фосфор	Цинк	Марганець
БрА9ЖЗЛ	8,0 - 10,5	2,0 - 4,0	Ост.	0,05	0,05	0,2	0,2	1,0	0,1	0,1	1,0	0,5

Таблиця 5 – Механічні властивості та використання безолов'яної бронзи за ГОСТ 493-79

Марка	Спосіб лиття	Тимчасовий опір, σ_b , МПа (кгс/мм ²)	Відносне видовження, δ_5 , %	Твердість за Брінелем НВ, МПа (кгс мм ²)	Використання
		Не менше			
БрА9ЖЗЛ	К	490 (50)	12	980 (100)	Арматура, антифрикційні деталі
	П	392 (40)	10	980 (100)	

ВПЛИВ Zn НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ БРОНЗИ БрА9Ж3Л 7



а – 0%Zn, б – 0,4%Zn, в – 1,2%Zn, г – 1,4%Zn, д – 1,85%Zn, е – 2,5%Zn, ж – 4,0%Zn, з – 4,7%Zn

Рисунок 10 – Мікроструктура ($\times 100$) бронзи БрА9Ж3Л з різним вмістом цинку

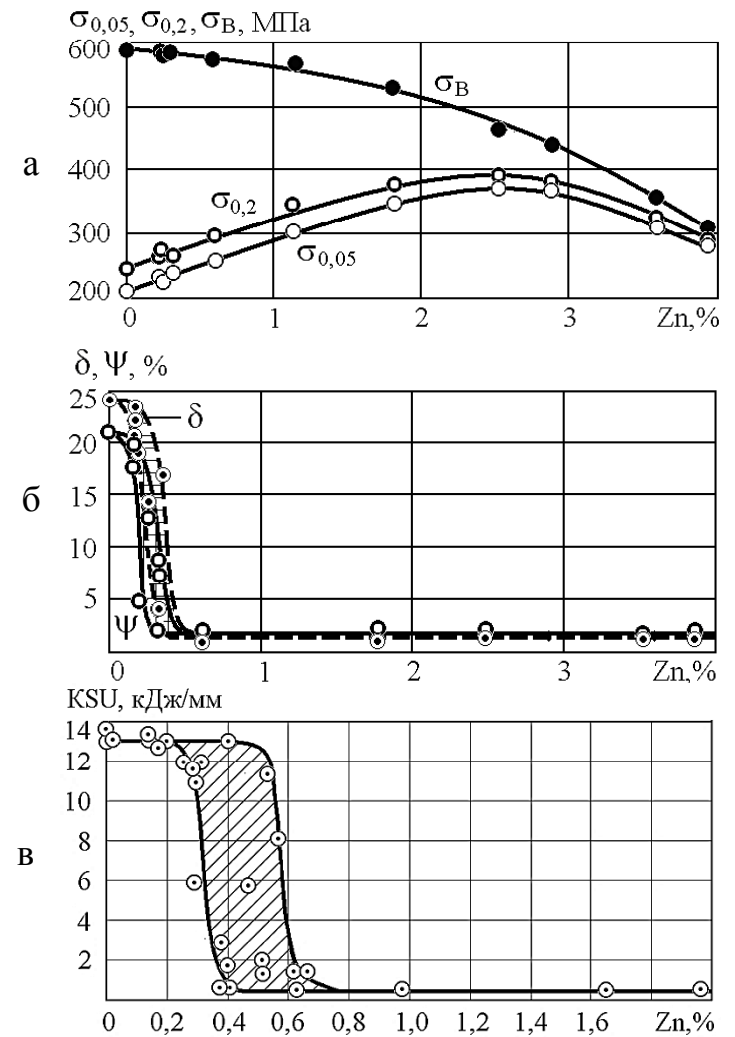
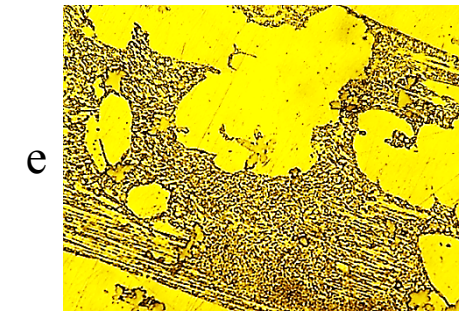
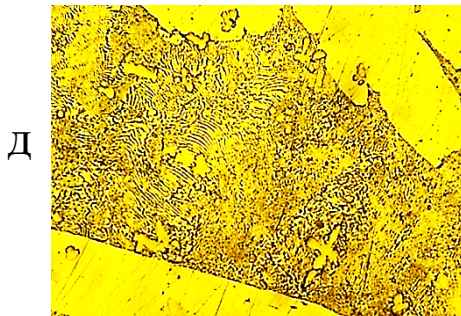
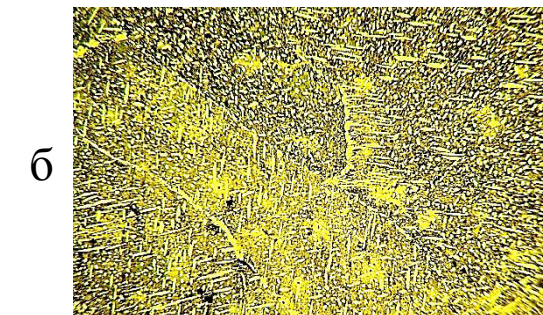
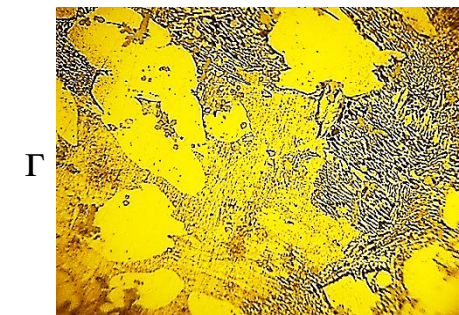
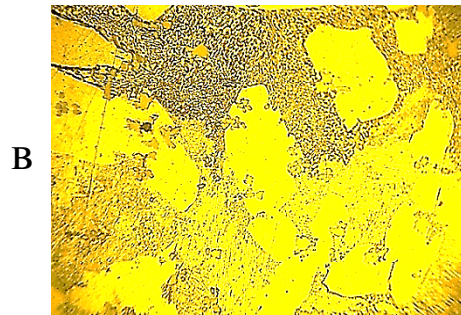
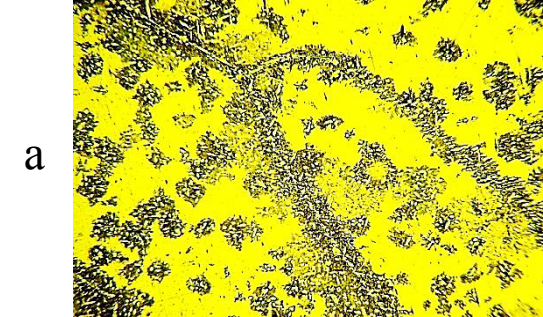
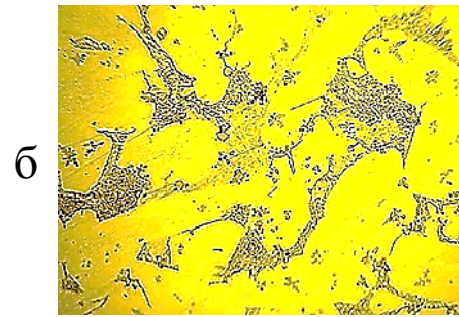
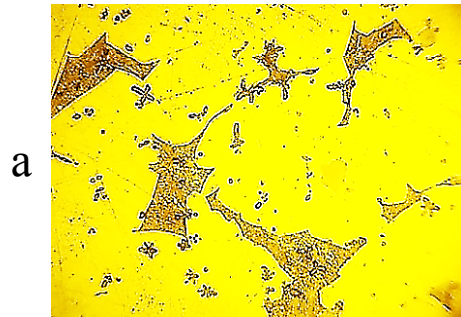


Рисунок 11 – Залежність механічних властивостей бронзи БрА9Ж3Л від вмісту в ній Zn

ТОНКА СТРУКТУРА ЕВТЕКТОЇДНОЇ СКЛАДОВОЇ БРОНЗИ БрА9Ж3Л, ЛЕГОВАНОЇ Zn

8



а – 0%Zn ($\times 300$), б – 0,2 %Zn ($\times 300$), в – 1,85 %Zn ($\times 500$), г – 2,50 %Zn ($\times 500$); д – 4,7%Zn ($\times 1000$); е – 4,7%Zn ($\times 1000$)

Рисунок 12 – Результати мікроструктурних досліджень тонкої структури евтектоїдної складової бронзи БрА9Ж3Л з різним вмістом цинку

а – в литому стані, б – відпал 450°C, в – відпал 650°C

Рисунок 13 – Мікроструктури ($\times 100$) бронзи БрА9Ж3Л з вмістом 5,34 мас% Zn у вихідному та термічно обробленому стані

1. Дослідницька пропозиція направлена на розв'язання актуальної теми, реалізація якої передумовлює одержання нових наукових результатів та практично значимих рішень.

2. Наукова новизна

Буде визначена стехіометрія та властивості залізовмісної фази (Fe_3Al або FeAl_3) в бронзі БрА9ЖЗЛ, дані про яку в сучасних літературних джерелах не однозначні.

Буде розв'язаним питання впливу цієї фази на кінетику фазових перетворень в системі мідь-алюміній-залізо.

Заплановане проведення кількісної оцінки співвідношення структурних складових, а також детальний морфологічний аналіз α -твердого розчину в структурі БрА9ЖЗЛ з різним вмістом цинку.

Буде встановлений концентраційний інтервал існування двох евтектоїдних структурних складових в структурі БрА9ЖЗЛ з різним вмістом цинку.

Методами диференційного термічного, рентгеноструктурного та рентгеноспектрального аналізів буде вивчений генезис формування цих структурних складових.

Планується встановити фазовий склад обох структурних складових, їх властивості (мікротвердість), кінетику їх структуроутворення, а також кількісне співвідношення обох структурних складових в залежності від вмісту цинку та від зміни умов формування виливка.

Заплановане вивчення впливу термічної обробки на зміну кінетики фазових перетворень в бронзі, легованій цинком.

Будуть детально проаналізовані принципові закономірності структуроутворення бронзи БрА9ЖЗЛ при підвищенні вмісту в ній цинку понад 5 мас%.

Для бронзи БрА9ЖЗЛ з вмістом цинку понад 5 мас% буде здійснений аналіз кінетики фазових перетворень, генезису та морфології евтектоїдних складових.

Буде, також, проведений зіставний аналіз властивостей (мікротвердості) та генезису основи структури бронзи БрА9ЖЗЛ з вмістом цинку понад 5 мас% – твердого розчину у порівнянні з твердим розчином БрА9ЖЗЛ без цинку та БрА9ЖЗЛ з цинком в кількості 0,2 ... 4,7 мас% Zn.

Для сплавів цього концентраційного інтервалу (>5 мас% Zn) буде реалізоване окреме дослідження кінетики фазових перетворень з метою встановлення раціональних режимів термічного впливу на структуроутворення цих бронз для розробки раціональних заходів управління їх структурою і, як наслідок, механічними та експлуатаційними властивостями.

В цілому, в роботі заплановані детальний аналіз механічних характеристик БрА9ЖЗЛ з різним вмістом цинку з точки зору їх залежності від хімічного складу і, як наслідок, структурного стану сплавів та режимів їх термічної обробки.

3. Практична значимість.

На підставі одержаних результатів буде запропоновано сполучення ефективних режимів структуроутворення бронзи БрА9ЖЗЛ з раціонально призначеною кількістю легуючого елементу (цинку) та термічної обробки фасонного литва з метою досягнення заданих механічних та експлуатаційних властивостей виробів фасонного литва запірної арматури, деталей машинобудівного призначення та елементів металургійного оснащення.

1. Савенков Ю.Д. Рафинированная медь Украины / Ю.Д. Савенков, В.И. Дубоделов, В.А. Шпаковский, В.А. Кожанов, Е.В. Штепан. - Донецк: Издательство ДонНТУ, 2008. - 176 с.
2. Сучков Д. И. Медь и ее сплавы / Д.И. Сучков. - М.: Металлургия, 1967. - 247с.
3. Смирягин А.П., Промышленные цветные металлы и сплавы / А.П. Смирягин, Н.А. Смирягина, А.В. Белова. - М.: Металлургия, 1974. - 488 с.
4. Захаров А.М. Промышленные сплавы цветных металлов / А.М. Захаров. - М.: Металлургия. - 1980. - 256с.
5. ГОСТ 859-2014 – Медь. Марки.
6. ГОСТ 18175 - 78 – Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
7. ГОСТ 493 - 79 – Бронзы безоловянные литейные. Марки.
8. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди / Под ред. С.В. Шухардина. – М: Наука, 1979 . – 249 с.
9. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди: Справочник / Под ред. М. Е. Дрица. - М.: Наука. - 1979. - 246 с.
10. Колачев Б.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Б.А. Колачев, В.А. Ливанов, В.И. Елагин. – М.: Металлургия, 1981. – 416с.
11. Колачев Б.А. Технология термической обработки цветных металлов / Б.А. Колачев, Р.М. Габидулин, Ю. В. Лигузов. - М.: Металлургия. - 1980. - 278с.
12. Мальцев М. В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов / М. В. Мальцев – Москва: Металлургия. - 1970. - 364 с.
13. ASM Metals Handbook. Volume 03: Alloy Phase Diagrams / ASM International. – Режим доступа: http://www.asminternational.org/search/-/journal_content/56/10192/25871543/PUBLICATION
14. Болховитинов Н.Ф. Атлас макро- и микроструктур металлов и сплавов / Н.Ф. Болховитинов, Болховитинова Е.Н. – Ленинград: МАШГИЗ, 1959. – 87с.