

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

МАТЕРІАЛИ
XXIII МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«Стародубовські читання – 2023»,

присвяченій 119-й річниці з дня народження
академіка АН УРСР, д. т. н., професора
Кирила Федоровича Стародубова

за темою:

*«Актуальні проблеми матеріалознавства
у будівництві і архітектурі та втілення
нових наукових розробок в роботах
з ліквідації наслідків бойових дій
та у повоєнній відбудові України»*

19 квітня 2023 р.
м. Дніпро

ISBN 978-966-323-242-3

УДК 69 (06)

МЗ4

Під редакцією : докт. техн. наук, проф., ректора ПДАБА *Миколи Савицького*; докт. техн. наук, проф. ПДАБА, Заслуженого діяча науки і техніки України *Володимира Большакова*; докт. техн. наук, проф., проректора з наукової роботи ПДАБА *Владислава Данішевського*; докт. техн. наук, проф., завідувача кафедри матеріалознавства та термічної обробки матеріалів ПДАБА *Володимира Волчука*.

Упорядники, відповідальні за випуск:

радник ректора з видавничо-наукової роботи ПДАБА, к. т. н., доц. *Олена Тимошенко*; провідний інженер ректорату ПДАБА *Тетяна Шпаковська*.

Випускаючий редактор: *Олена Тимошенко*.

Матеріали подаються в авторській редакції.

Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Стародубовські читання – 2023», присвяченій 119-й річниці з дня народження академіка АН УРСР, д. т. н., професора Кирила Федоровича Стародубова за темою «Актуальні проблеми матеріалознавства у будівництві і архітектурі та втілення нових наукових розробок в роботах з ліквідації наслідків бойових дій та у повоєнній відбудові України» (19 квітня 2023 р.): збірник тез під редакцією Миколи Савицького, Володимира Большакова, Владислава Данішевського, Володимира Волчука. Дніпро: ПДАБА, 2023. 87 с. (електронне видання).

У збірнику тез XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Стародубовські читання – 2023» розглядаються питання прикладного матеріалознавства, будівництва і архітектури, будівельних сталей, будівельного виробництва, будівельної механіки, ВІМ-технологій в будівництві та цивільній інженерії, комп'ютерного моделювання структури та властивостей матеріалів, економіко-управлінських аспектів і розвитку повоєнної України, а також проблеми моделювання дронів, активних систем захисту будівель і споруд.

Робочі мови конференції – українська, англійська, німецька, французька.

Для викладачів, провідних вчених будівельних ЗВО, науковців-дослідників, практиків виробництва України, аспірантів, магістрів, бакалаврів, а також для широкого кола читачів.

Затверджено до видання вченою радою ПДАБА (протокол № 11 від 25.04.2023).

© Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури, 2023

ЗМІСТ

Андріанов І., Данішевський В., Безверхий Д., Кучин І. ШАРУВАТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ВІБРО- ТА СЕЙСМОІЗОЛЯЦІЇ.....	5
Антоненкова А., Ішутіна І. ПРОПОЗИЦІЇ ДО ВСТАНОВЛЕННЯ СТАНУ ДЕРЖАВНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ ЯК ОБ'ЄКТУ НАЦІОНАЛЬНОГО НАДБАННЯ.....	8
Басан М., Соболенко М. ДО ПИТАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СФЕРОЇДИЗУЮЧОГО ВІДПАЛУ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ БОРОВМІСНИХ СТАЛЕЙ.....	12
Брунеллі Р., Лазарєв Р., Войт В., Ковтун-Горбачова Т. ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ ТА ЦИВІЛЬНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ.....	14
Воробйов В., Шило О. ПІСЛЯВОЕННА ВІДБУДОВА МІСТ УКРАЇНИ В АРЕАЛАХ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ БЕЛЛІГЕРАТИВНИХ ЛАНДШАФТІВ.....	16
Гайдар А., Мартиш О., Мартиш О., Руженський А. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ ІЗ ПОЛІМЕРБЕТОННИМ КАРКАСОМ.....	20
Дергач Т., Сухомлин Г., Дейнеко Л., Балєв А., Красюк А. ВПЛИВ ВУГЛЕЦЮ, СЕНСИБІЛІЗАЦІЇ Й ЗЕРНОГРАНИЧНОГО КОНСТРУЮВАННЯ НА КОРОЗИЙНУ СТІЙКІСТЬ ГРАНИЦЬ ЗЕРЕН У ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЯХ.....	23
Дергач Т., Сухомлин Г., Дейнеко Л., Балєв А., Красюк А. НОВІ НАУКОВІ Й ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ З ПІДВИЩЕННЯ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРУБ З НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ І ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ІМПОРТОЗАМІЩЕННЯ.....	26
Дерев'янка В., Кондратьєва Н., Гришко Г. ПРОЦЕСИ ГІДРАТАЦІЇ ТА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ МІНЕРАЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У ПРИСУТНОСТІ ПАР.....	29
Дерев'янка В. М., Савін Ю. Л., Ватажишин О. В. ВПЛИВ ПОЛІКАРБОКСИЛАТНИХ СУПЕРПЛАСТИФІКАТОРІВ НА ПРОЦЕСИ ГІДРАТАЦІЇ СИСТЕМИ $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$	32
Єгоров Є. А., Івченко Ю. В., Ковтун-Горбачова Т. А. ОСОБЛИВОСТІ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ВЕРТИКАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ПРИ ВІТРОВОМУ НАВАНТАЖЕННІ.....	35
Журбенко В., Шаломов В. РОЛЬ ОЦІНКИ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ ФАКТОРІВ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА БЕЗПЕКУ РОБОЧИХ МІСЦЬ.....	37

Кімстач Т., Узлов К., Реп'ях С. АНАЛІЗ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ СПЛАВІВ МІДНОГО КУТУ СИСТЕМИ Cu–Sn–Al.....	39
Кірічек Ю., Ландо Є., Бєлєва К. РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАДАСТРУ НА ОСНОВІ МАСОВОЇ ОЦІНКА НЕРУХОМОСТІ З МЕТОЮ ОПОДАТКУВАННЯ.....	42
Кривошей О., Кульбака О. ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ ВИШУКУВАНЬ.....	47
Ландо Є., Андрєєва І., Андрєєва К. ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЛЯМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ: РОЛЬ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ.....	50
Лобикіна А., Бєгічев С., Ішутіна Г. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ГЕОМОНІТОРИНГУ У ЦИВІЛЬНОМУ БУДІВНИЦТВІ.....	54
Остапенко С., Харченко К., Остапенко Л. ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ІНОВАЦІЙНОГО АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	58
Протопопова Н. ЗОВНІШНІ ТА ВНУТРІШНІ ЗАГРОЗИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ КРАЇНИ.....	61
Семенов О., Суворова Т. АРХІТЕКТОРИ ТА СТВОРЕННЯ ПРЕЗЕНТАЦІЙ КОМЕРЦІЙНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ФІНАНСУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	63
Соколенко А., Протасова Є. ЕФЕКТИВНЕ БУДІВНИЦТВО ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ.....	66
Фісуненко П. ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ.....	70
Харченко К., Протас Я., Краснюк А. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАСОБАМИ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ «BLENDER».....	75
Часниківська А., Мерилова І. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РЕОРГАНІЗАЦІЇ ГОСПОДАРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТ.....	78
Шарцев Є., Ішутіна Г. ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЇ.....	81
Khurudzhi Y., Chashyn D. INVOLVEMENT OF BUILDING INFORMATION MODELING IN ENERGY EFFICIENCY AND RETROFITTING OF BUILDING PROJECTS.....	85

УДК 691.735

АНАЛІЗ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ СПЛАВІВ МІДНОГО КУТУ СИСТЕМИ Cu–Sn–Al

Т. В. Кімстач¹, ст. викл., **К. І. Узлов**², докт. техн. наук, проф.,
С. І. Реп'ях³, докт. техн. наук, проф.

¹1375tatyana@gmail.com, ²konst.uzlov@gmail.com, ³123rs@ua.fm

Український державний університет науки і технологій

На даний час мідні сплави широко використовуються у різних галузях промисловості. Одним з напрямів, який потребує значного споживання сплавів на основі міді, є інженерія матеріалів, де їх використовують в якості зносостійких матеріалів для виготовлення антифрикційних деталей та елементів тертя / ковзання, підшипників, тощо.

За рівнем механічних, технологічних та експлуатаційних властивостей найбільш поширені в Україні свинцеві, олов'яні та алюмінієві бронзи. Але, в Європейському Союзі у 2006 році нормативами RoHS було оновлено правила використання деяких небезпечних речовин в обладнанні з метою заборони використання свинцю та свинець-умісних речовин.

Тому доцільно дослідити властивості бронзи в складі якої одночасно, в якості основних компонентів, присутні як алюміній, так і олово, з метою поєднання в ній найкращих рівнів властивостей притаманних олов'яним та алюмінієвим бронзам. Якісно провести такі дослідження без вивчення фазових діаграм неможливо. Фазові діаграми є науковим підґрунтям для оптимізації промислових складів сплавів [1; 2].

На сьогодні більшість робіт сучасних авторів з цього питання спрямоване на встановленні закономірностей структуроутворення сплавів системи Cu–Sn–Al з концентраціями, що відповідають монотектичній ділянці діаграми [3–5]. Це пов'язано з тим, що ці сплави представляють промисловий інтерес в якості триботехнічних матеріалів. Але, дані різних авторів стосовно діаграм фазових рівноваг системи Cu–Sn–Al є фрагментарними та, навіть, суперечливими.

Таким чином, напрям досліджень, щодо структуроутворення сплавів системи Cu–Sn–Al немонотектичного концентраційного інтервалу є актуальним.

На підставі аналізу фазових і структурних перетворень сплавів мідного куту системи Cu–Sn–Al з вмістом Sn до 7 (мас.) % та Al до 11 (мас.) % встановлено евтектико-перитектичний характер їх структуроутворення.

Сплави з вмістом Al, що відповідає евтектичній горизонталі системи Cu–Al при охолодженні в твердому стані підпорядковуються евтектоїдному перетворенню. При цьому, в залежності від швидкості охолодження, евтектична β -Cu₃Al фаза може перетворитися на евтектоїду структурну складову α -Cu+ γ -Cu₉Al₄ повністю, частково (рис. 1, а), або зберегтися у вихідному стані, як продукт евтектичної кристалізації (рис. 1, б).

Сплави з вмістом Al за верхньою концентраційною межею евтектичної горизонталі Cu–Al кристалізуються безпосередньо з формуванням хімічної сполуки $\beta\text{-Cu}_3\text{Al}$. Подальше охолодження супроводжується появою $\alpha\text{-Cu}$ фази. При переході через евтектоїдну горизонталь відбувається розпад $\beta\text{-Cu}_3\text{Al}$ фази за евтектоїдною реакцією на $\alpha\text{-Cu} + \gamma_2\text{-Cu}_9\text{Al}_4$. При цьому, на міжфазній границі зберігається деяка кількість вихідної $\beta\text{-Cu}_3\text{Al}$ первинної фази у вигляді обідку (рис. 2).

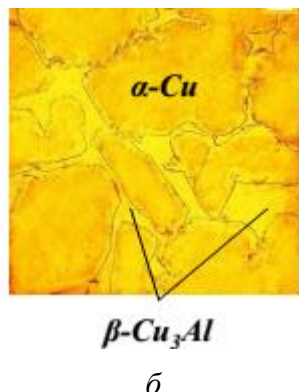
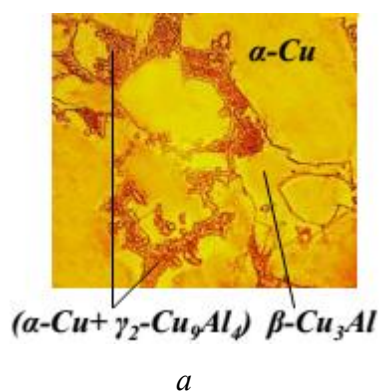


Рис. 1. Оптичні зображення мікроструктури сплаву з вмістом компонентів (мас. %): Cu – 87,92; Sn – 3,12; Al – 8,51; Fe – 0,45 ($a \times 1000$, $b \times 500$)

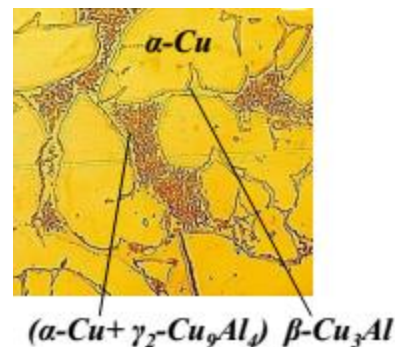


Рис. 2. Оптичне зображення мікроструктури сплаву з вмістом компонентів (мас. %): Cu – 86,60; Sn – 3,67; Al – 9,73 ($\times 1000$)

Сплави з вмістом Al меншим за початкову концентрацію евтектичної горизонталі системи Cu–Al за первинною кристалізацією є алюмінієвими бронзами, а за сукупністю подальших фазових перетворень – олов'яними. Ця група сплавів після кристалізації $\alpha\text{-Cu}$ кристалів за двофазним інтервалом ліквідус-солідус діаграми Cu–Al, внаслідок насичення залишкової рідини легкоплавким оловом, підпорядковується закономірностям фазових перетворень системи Cu–Sn. Але в цій доевтектичній концентраційній області системи Cu–Al в залежності від вмісту олова, структурний і фазовий склад сплавів неоднаковий. У сплавах до 3 % (мас.) Sn спостерігається формування однофазної $\alpha\text{-Cu}$ структури (рис. 3, *a*). Структура сплавів в інтервалі концентрацій 3–4 % (мас.) Sn є двофазною – $\alpha\text{-Cu} + \beta\text{-Cu}_5\text{Sn}$ (рис. 3, *б*). Перехід за концентраційну межу 4 % (мас.) Sn принципово характер структуроутворення сплавів не змінює, але в цьому випадку $\beta\text{-Cu}_5\text{Sn}$ фаза піддається твердофазному евтектоїдному перетворенню з формуванням у структурних позиціях вихідної $\beta\text{-Cu}_5\text{Sn}$ фази евтектоїдної структурної складової $\alpha\text{-Cu} + \delta$ ($\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$) (рис. 3, *в*).

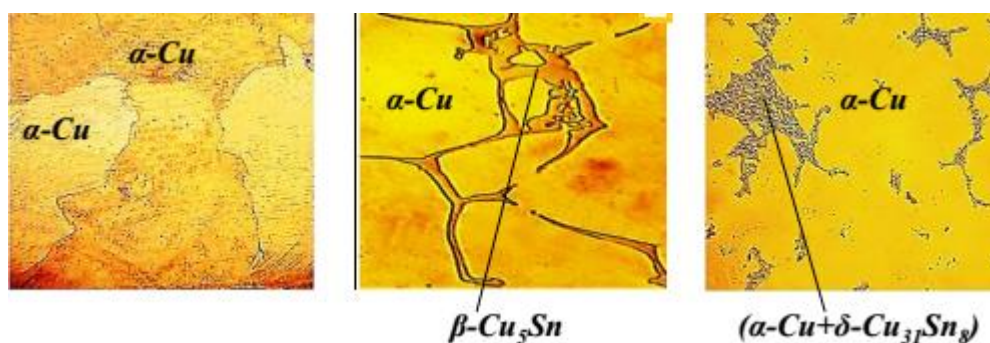


Рис. 3. Мікроструктури бронз з вмістом компонентів (мас. %):
 а) Cu – 97,60; Sn – 1,30; Al – 1,10 ($\times 400$);
 б) Cu – 92,07; Sn – 3,41; Al – 3,52 ($\times 800$);
 в) Cu – 88,01; Sn – 5,87; Al – 6,12 ($\times 400$).

Висновок. Встановлені закономірності дозволяють розширити уявлення про структуроутворення в бронзах та визначити раціональні межі вмісту олова та алюмінію для подальшої оптимізації складу бронзи системи Cu–Sn–Al.

Список використаних джерел

1. Древинг В. П. Правило фаз. Москва : Изд-во Московского Университета, 1954. 173 с.
2. Soares D. F., Abreu M., Barros D., Castro F. Experimental study of the Cu–Al–Sn phase equilibria, close to the copper zone. *Journal of Mining and Metallurgy Section B: Metallurgy*. 2017. № 53(00). Pp. 209–213. URL : <https://www.researchgate.net/publication/320071059>.
3. Mirkovic D., Gröbner J., Schmid-Fetzer R. Liquid demixing and microstructure formation in ternary Al–Sn–Cu alloys. *Materials Science and Engineering*. 2008. A 487. Pp. 456–467. URL : https://www.researchgate.net/publication/257335091_Liquid_demixing_and_microstructure_formation_in_ternary_Al-Sn-Cu_alloys.
4. Kotadia H. R., Panneerselvam A., Mokhtari O., Green M. A., Mannan S. H. Massive spalling of Cu–Zn and Cu–Al intermetallic compounds at the interface between solders and Cu substrate during liquid state reaction. *Journal of Applied Physics*. 2012. Vol. 111. P. 074902. URL : <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.3699359>.
5. Chang Y. A., Neumann J. P., Mikula A., Goldberg D. The Al–Cu–Sn (Aluminum-Copper-Tin) system. *Bulletin of Alloy Phase Diagrams*. 1980. Vol. 1. Pp. 82–84. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02883303>

**Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції
«Стародубовські читання – 2023», присвяченій 119-й річниці
з дня народження академіка АН УРСР, д. т. н., професора
Кирила Федоровича Стародубова за темою «Актуальні проблеми
матеріалознавства у будівництві і архітектурі та втілення нових
наукових розробок в роботах з ліквідації наслідків бойових дій
та у повоєнній відбудові України»
(19 квітня 2023 р.) : збірник тез (електронне видання)**

Збірник тез українською та англійською мовами.

За зміст і достовірність фактів, цитат, власних імен та інших відомостей відповідають автори.

ISBN 978-966-323-242-3

УДК 69 (06)

М34

Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Стародубовські читання – 2023», присвяченій 119-й річниці з дня народження академіка АН УРСР, д. т. н., професора Кирила Федоровича Стародубова за темою «Актуальні проблеми матеріалознавства у будівництві і архітектурі та втілення нових наукових розробок в роботах з ліквідації наслідків бойових дій та у повоєнній відбудові України» (19 квітня 2023 р.) : збірник тез під редакцією Миколи Савицького, Володимира Большакова, Владислава Данішевського, Володимира Волчука. Дніпро : ПДАБА, 2023. 87 с. (електронне видання).

У збірнику тез XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Стародубовські читання – 2023» розглядаються питання прикладного матеріалознавства, будівництва і архітектури, будівельних сталей, будівельного виробництва, будівельної механіки, BIM-технологій в будівництві та цивільній інженерії, комп'ютерного моделювання структури та властивостей матеріалів, економіко-управлінських аспектів і розвитку повоєнної України, а також проблеми моделювання дронів, активних систем захисту будівель і споруд,

Для викладачів, провідних вчених будівельних ЗВО, науковців-дослідників, практиків виробництва України, аспірантів, магістрів, бакалаврів, а також для широкого кола читачів.

Упорядники, відповідальні за випуск:

радник ректора з видавничо-наукової роботи ПДАБА, к. т. н., доц. *Олена Тимошенко*;
провідний інженер ректорату ПДАБА *Тетяна Шпаковська*.

Випускаючий редактор: *Олена Тимошенко*.

Комп'ютерна верстка: *Олена Тимошенко*.