



УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **147278**

(13) **U**

(51) МПК

C22C 9/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2020 06418**

(22) Дата подання заявки: **05.10.2020**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **29.04.2021**

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **28.04.2021, Бюл.№ 17**

(72) Винахідник(и):

**Узлов Костянтин Іванович (UA),
Реп'ях Сергій Іванович (UA),
Дзюбіна Аліна Валентинівна (UA),
Мазорчук Володимир Федорович (UA),
Кімстач Тетяна Володимирівна (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА
АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ,
пр. Гагаріна, 4, м. Дніпро, 49005 (UA)**

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ БРОНЗИ МУЗИЧНОЇ

(57) Реферат:

Спосіб виготовлення бронзи музичної для дзвонів та звукових елементів музичних інструментів ударного типу, що містить мідь, олово та немінучі домішки. Додатково містить кремній.

UA 147278 U

UA 147278 U

Корисна модель належить до металургії, зокрема, до ливарних бронз, а саме до матеріалів, які використовують для виготовлення дзвонів та звукових елементів музичних інструментів ударного типу.

Відома сурм'яна бронза для виготовлення дзвонів та звукових елементів музичних інструментів ударного типу [Пат. РФ №2265894, МПК G10K 1/00. Материал для изготовления колоколов и звучащих элементов ударных музыкальных инструментов. Опубл. 10.12.2005. Бюл. №34.], до складу якої входять (% за масою): мідь - 78,0...80,0; олово - 8,0...10,0; сурма - 10,6...11,5; свинець - 0,08...0,16. Мікроструктура такої бронзи гетерогенна і складається з а-твердого розчину та евтектоїду складного складу (суміш $\alpha + \beta + \varepsilon$ - фаз). Основною структурною складовою мідно-олов'яної бронзи, яка передумовлює рівень її акустичних властивостей та напруженого стану (рівень крихкості, ударної стійкості литого виробу) є інтерметалід $Cu_{31}Sn_8$. Із підвищенням об'ємної частки $Cu_{31}Sn_8$ в структурі бронза набуває більш високого рівня акустичних характеристик, але при цьому знижується рівень її ударної в'язкості, тобто, підвищується крихкість. Суттєвим недоліком даної бронзи є наявність у її складі значної кількості дорогого олова, що негативно впливає на собівартість литих виробів, а також важких (токсичних) металів - сурми та свинцю.

Відома дзвонова бронза [Пат. РФ 2430984, МПК C22C 9/02. Колоколотейная бронза. Опубл. 10.10.2011. Бюл. №28], яка є сплавом міді з оловом (18,0-20,0 %), цинком (0,1-0,8 %), залізом (0,03-0,15 %), фосфором (0,01-0,05 %), берилієм (0,01-0,05 %), церієм (0,01-0,05 %), сріблом (0,005-0,01 %), сурмою (0,01-0,05 %), мідь - залишок. Сумарний вміст сурми і фосфору в бронзі не перевищує 0,08 мас. %, а сумарний вміст берилію і церію не перевищує 0,08 мас. %. Мікроструктура цієї дзвонової бронзи гетерогенна і складається з насиченого та мікролегованого а-твердого розчину олова у міді та інтерметаліду $Cu_{31}Sn_8$ (δ -фаза).

З підвищенням вмісту олова у дзвоновій бронзі зростає не тільки кількість інтерметаліду, але і якість, та тривалість її звучання. Разом з цим, надмірна кількість інтерметаліду у структурі дзвонової бронзи робить її крихкою навіть при кімнатній температурі. У зв'язку з цим, вміст олова у дзвоновій бронзі обмежений вказаними вище значеннями. При цьому у складі бронзи присутні мікролегуючі та модифікуючі елементи, сумарний вміст яких обмежено. Перевищення вмісту таких елементів негативно впливає на формування структури литого виробу, що багато у чому зумовлює потрібний рівень основних фізичних властивостей бронзи та, як наслідок, комплекс акустичних характеристик і якість звучання литої конструкції складного профілю у музичному інструменті або дзвона в умовах тривалої експлуатації при змінах температури повітря навколишнього середовища. Вироби із дзвонової бронзи термічно не обробляють. Тому при температурі, меншій за -20 ... -25 °C дзвонова бронза стає крихкою, що підвищує вірогідність руйнування дзвонів при ударі в них. З часом під впливом кліматичних умов дзвонова бронза стає "рихлою", що призводить до зміни її акустичних характеристик. Суттєвим недоліком даного матеріалу (дзвонової бронзи) є його відносно висока вартість, що зумовлено значним вмістом коштовного олова у сплаві. Крім того, значна кількість мікролегуючих та модифікуючих елементів у сплаві суттєво ускладнює технологію плавки сплаву та виготовлення виливка.

Аналогом корисної моделі, як найбільш близьким за своєю технічною сутністю та результату, що досягається, є матеріал для дзвонів та елементів ударних музичних інструментів, що містить мідь, олово, свинець та інші компоненти (дивись с 397 - Оловянишников Н.Н. История колоколов и колоколотейное искусство, М. НП и Д "Русская панорама", 2003, 520 с), відомий як високоолов'яна бронза, в якій міститься в мас. %: мідь 78-80, олово 20-22, свинець - не більше 0,15, фосфор - не більше 0,10, цинк і інше у вигляді домішок - не більше 0,75. Недоліком цього матеріалу є значна крихкість готових виливків і низька міцність, обмеженість тембрового звучання, а також дефіцит олова і його висока вартість.

В основу корисної моделі поставлена задача створення матеріалу для дзвонів та звукових елементів музичних інструментів ударного типу, що має структуру з певним рівнем міцності і демпфуючої здатності, від яких залежать якість звучання за рахунок певного часу загасання звуку, розширення тембрового діапазону дзвонів і елементів ударних музичних інструментів, а також забезпечення економії дорогих складових матеріалу. Задачею пропонованого технічного рішення є зменшення кількості олова в бронзі, підвищення її міцності при високій якості звучання і розширенні тембрового діапазону.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб виготовлення бронзи музичної для дзвонів та звукових елементів музичних інструментів ударного типу, яка має в складі мідь (Cu), олово (Sn) та неминучі домішки, додатково містить кремній (Si), при цьому олова, кремнію та міді

міститься у наступних кількостях (по мас): олова 2...5 %; кремнію - 4,5...5,5 %; а решта мідь та

$$\frac{Si}{Sn} \geq 1$$

неминучі домішки, при масовому співвідношенні

Відмінними ознаками корисної моделі є наступне:

бронза музична додатково містить кремній;

- 5 бронза музична містить компоненти (по мас): олова - 2...5 %; кремнію -4,5...5,5 %; а решта мідь та неминучі домішки;

$$\frac{Si}{Sn} \geq 1$$

масове співвідношення

Технічним результатом пропонованої корисної моделі є здешевлення бронзи за рахунок зниження вмісту олова, підвищення міцнісних властивостей, а також акустичних властивостей дзвонів та звукових елементів музичних інструментів ударного типу за рахунок збільшення тривалості їх звучання.

10

Досягнення технічного результату забезпечується тим, що бронза додатково містить (по мас.) кремній у кількості 4,5...5,5 % при кількості олова 2...5 %; а решта мідь та неминучі

$$\frac{Si}{Sn} \geq 1$$

домішки; а масове співвідношення

15

Всі відмітні ознаки корисної моделі взаємопов'язані і сприяють досягненню поставленого завдання. Зокрема встановлено, що вплив олова та кремнію на тривалість звучання виробів з такої бронзи має екстремальний характер. При вмісті олова менше 2 % і більше 5 % знижується тривалість звучання виробів. При вмісті кремнію менше 4,5 % знижується звучання виробів, а при вмісті більше 5,5 % не тільки знижується тривалість звучання виробів, але і різко підвищується їх крихкість. Зі зменшенням масового співвідношення кремнію до олова (при

20

$\frac{Si}{Sn} \geq 1$) у дзвонів і звукових елементів музичних інструментів ударного типу з такої бронзи стрімко знижується рівень акустичних характеристик (тривалість і благозвучність звучання, число обертонів).

Порівняльний аналіз пропонованої корисної моделі з аналогом дозволяє зробити висновок, що всі заявлені ознаки є відмінними.

25

Аналіз патентної і науково-технічної інформації не виявив рішень, що мають аналогічну сукупність ознак, за якими досягався б подібний ефект - зменшення кількості олова в бронзі, підвищення її міцності і пластичності при високій якості звучання і розширенні тембрового діапазону.

30

Приклад випробування запропонованої бронзи.

Визначення акустичних (абсолютна та відносна тривалість звучання) та експлуатаційних (міцність, ударостійкість) властивостей бронзи проводили на литих нетермооброблених тарілках з зовнішнім діаметром $120 \pm 0,2$ мм та товщиною $3 \pm 0,1$ мм

35

Абсолютну тривалість звучання тарілок з бронзи (T_p , с) визначали після удару по них дерев'яною барабанною паличкою за результатами обробки аудіозапису затухання їх звучання у вигляді графічного відображення коливань на персональному комп'ютері. Аудіозапис здійснювали через мікрофон чутливістю від 20 до 14000 Гц. Максимальний рівень гучності звучання всіх досліджених тарілок у цих іспитах знаходився у межах від 40 до 45 дБ.

Відносну тривалість звучання тарілок з бронзи (T_B) визначали за результатами розрахунку за формулою:

40

$$T_B = T_p / T_M, (1)$$

де T_M - тривалість звучання тарілок з міді, с.

Ударостійкість бронзи (цілісність та тріщиностійкість тарілок) оцінювали за результатами візуального огляду тарілок після 10 ударів по них дерев'яною барабанною паличкою із забезпеченням максимального рівня гучності звучання тарілки 60...70 дБ.

45

Механічні властивості бронзи визначали відповідно до ГОСТ 1497-84 (Металлы. Методы испытаний на растяжение) та ГОСТ 9454-78 (Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах) з використанням литих зразків.

Для виплавляння бронзи використовували мідь марки МІ (ГОСТ 859-78), олово марки О2 (ГОСТ 860-75), кремній марки Кр3 (ГОСТ 2169-69). Вміст Si та Sn у шихті змінювали таким

50

чином, щоб з урахуванням угару у складі бронзи знаходилося від 0 до 6 % Si та від 0 до 9 % Sn при масовому співвідношенні Si/Sn від 0,2 до 5. Плавку бронзи проводили у графітовому тиглі індукційної печі під шаром деревного вугілля, яке до початку плавки насипали на дно тигля шаром товщиною 1...2 см. Включали піч і нагрівали тигель до 400...500 °С. Після цього у тигель завантажували навішування міді, розплавляли його, нагрівали розплав до 1200...1270 °С та розкислювали фосфористою міддю із розрахунку 0,15 % (за масою) фосфористої міді від маси міді в печі. Після розкислення в розплав вводили навішування кремнію, а після його засвоєння - навішування олова. Температуру розплаву у печі знижували до 1180...1220 °С, перемішували його березовою палицею, скочували шлак із дзеркала розплаву і проводили заливання ливарних форм. Як форми використовували керамічні оболонкові форми, які виготовляли за витоплюваними моделями з кварцового піску та натрієвого рідкого скла. Заливання форм проводили на повітрі безпосередньо з графітового тигля.

З метою порівняння акустичних, механічних властивостей та ударостійкості аналогічні тарілки та зразки для механічних іспитів також виготовляли з бронзи за прототипом. Усереднені значення механічних властивостей досліджених бронзи (за прототипом та заявлених) наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Механічні властивості бронз

Склад зразка	СТв,	МПа	5,	%	кси,	Дж/см ²
прототип	260	-290	6	-9	31	-34
заявлений	310	-405	2	-5	56	-83

З аналізу отриманих даних (див. табл. 1) випливає, що за показниками міцності при розтягуванні та ударної в'язкості заявлена бронза перевищує аналогічні показники прототипу у ~ 1,5...2,5 рази. Це свідчить про те, що відносно прототипу литі вироби з бронзи заявленого хімічного складу характеризуються більшою надійністю та довговічністю при експлуатації у межах вказаної області її застосування.

Результати розрахунку відносної тривалості звучання тарілок за формулою (1) з бронзи за прототипом та запропонованої бронзи наведені в табл. 2. З аналізу отриманих даних витікає, що величина показника T_B , розрахованого за формулою (1), для тарілок з бронзи за прототипом складає 2,73...6,14 (в табл. 2 область T_B по прототипу виділена товстою лінією), а з бронзи заявленого хімічного складу - 6,02...7,81 (в табл.2 область T_B для бронзи заявленого хімічного складу виділена подвійною товстою лінією). Тобто, аналіз отриманих даних свідчить про те, що найбільшу тривалість звучання (T_B) мають тарілки з бронзи, яка містить кремнію у

межах 4,5...5,5 % та олова у межах 2...5 % при масовому співвідношенні $\frac{Si}{Sn} \geq 1$. Тобто відбудеться наявне підвищення акустичних властивостей дзвонів та звукових елементів музичних інструментів ударного типу з запропонованої бронзи за рахунок збільшення тривалості їх звучання.

На підставі вищевикладеного, можна зробити висновок, що запропонована бронза характеризується більшою надійністю та довговічністю, має вміст олова у 3,6...10 разів менший за дзвоніву бронзу за прототипом та збільшену тривалість звучання, що дає підстави вважати її конкурентоздатною при виготовленні дзвонів та звукових елементів музичних інструментів ударного типу.

Таблиця 2

Відносна тривалість (T_B) звучання тарілок з бронзи від масового вмісту в ній кремнію (Si) і олова (Sn)

Si , % (за масою)	Sn , % (за масою)														
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
0,0	1,00	1,46	1,92	2,07	2,21	2,37	2,52	2,64	2,75	2,81	2,85	2,90	2,95	2,98	3,01
0,5	1,46	1,82	2,18	2,3	2,43	2,56	2,69	2,79	2,89	2,93	2,98	3,01	3,05	3,09	3,12
1,0	1,91	2,17	2,43	2,54	2,65	2,75	2,85	2,94	3,02	3,06	3,10	3,13	3,15	3,19	3,22
1,5	2,02	2,25	2,49	2,63	2,78	2,89	3,01	3,14	3,28	3,82	4,35	4,37	4,39	4,40	4,41
2,0	2,12	2,34	2,55	2,73	2,9	3,03	3,15	3,35	3,54	4,57	5,6	5,61	5,62	5,61	5,60
2,5	2,32	2,53	2,74	2,95	3,16	3,32	3,48	3,58	3,73	4,23	4,74	4,76	4,78	4,74	4,70
3,0	2,51	2,72	2,92	3,17	3,42	3,61	3,80	3,86	3,92	3,88	3,87	3,91	3,94	3,87	3,80
3,5	2,67	2,97	3,27	3,61	3,96	4,18	4,40	4,48	4,57	4,49	4,41	4,32	4,22	3,96	3,77
4,0	2,83	3,22	3,61	4,06	4,49	4,75	5,02	5,11	5,21	5,08	4,95	4,73	4,47	4,05	3,74
4,5	2,87	3,59	4,32	5,14	6,02	6,05	6,12	6,14	6,14	6,04	5,88	5,39	4,81	4,46	4,18
5,0	2,90	3,96	5,02	5,99	7,04	7,29	7,55	7,81	7,62	7,32	7,01	6,06	5,11	4,86	4,61
5,5	2,93	4,11	5,27	5,85	6,43	6,55	6,68	6,72	6,76	6,59	6,43	5,87	5,31	5,04	4,76
6,0	2,95	4,23	5,51	5,66	5,81	5,81	5,81	5,85	5,90	5,88	5,85	5,68	5,51	5,21	4,88
6,5	2,94	4,13	5,32	5,44	5,56	5,58	5,60	5,65	5,71	5,66	5,63	5,49	5,37	4,97	4,56
7,0	2,93	4,03	5,12	5,22	5,31	5,36	5,42	5,45	5,52	5,45	5,40	5,31	5,22	4,72	4,22

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Спосіб виготовлення бронзи музичної для дзвонів та звукових елементів музичних інструментів ударного типу, що містить мідь, олово та немінучі домішки, який **відрізняється** тим, що додатково містить кремній, при цьому олово та мідь містить за наступною кількістю, мас. %:
- олово 2...5 %
- кремній 4,5...5,5 %
- решта мідь та немінучі домішки, $\frac{Sn}{Sn} \geq 1$ 10
- при масовому співвідношенні