

Винахід відноситься до металургії, а саме до ливарного виробництва та до металотермії і може бути використаний для виготовлення виливків з бронзи.

Відомо застосування екзотермічних сумішей для живлення виливків за допомогою термітних ливарних додатків [1, 2].

Недоліком цих екзотермічних сумішей є те, що вони не можуть ефективно використовуватися для живлення виливків з бронзи, оскільки міняють в результаті живлення хімічний склад піддодаткової зони при генерації перегрітого рідкого сплаву або не дають достатнього розігріву матеріалу ливарного додатку (при використанні малоекзотермічних реакцій, наприклад, горіння сумішей деревини, вугілля, селітри і т.п.).

Найбільш близькою до тої, що заявляється є екзотермічна суміш для обігріву додаткової частини ливарної форми [3], що генерує рідкий високо перегрітий сплав в результаті свого горіння, із наступним співвідношенням компонентів (у мас.%):

пус'єри (відходи електродугової плавки високомарганцевої сталі)	20,5-25;
алюмінієвий порошок або стружка	3,0-4,3;
порошок карбону	0,5-0,7;
фероалюмінієвий терміт	решта.

Недоліком прототипу є неможливість утворення в результаті горіння рідкого високоперегрітого сплаву для живлення бронзи того ж хімічного складу, що і залитий у форму і утворення за рахунок цього ліквідації за хімічним складом піддодаткової ливарної зони.

Завдання винаходу полягає у отриманні бронзи (БрОЦС 5-5-5, БрАЖ 10-4) з оксидів легуючих елементів при їх відновленні алюмінієм і при розплавленні додатково введенного млива стружки бронзи аналогічного хімічного складу (відходу металорізального виробництва).

Поставлене завдання досягається таким чином, що екзотермічна суміш для металотермічних ливарних додатків бронзових виливків, що містить оксид феруму та порошки алюмінію та магнію, яка відрізняється тим, що додатково містить оксиди легуючих елементів або порошки цих елементів і мливу стружки бронзи відповідного до бронзових виливків складу, при цьому для живлення виливків з бронзи БрОЦС 5-5-5 склад екзотермічної суміші наступний, мас.%:

оксид купруму (CuO)	30,8-77,2;
оксид плюмбуму (PbO ₂) або порошок плюмбуму	3,2-6,9;
оксид цинку (ZnO) або порошок цинку	3,2-6,9;
оксид стануму (SnO ₂) або порошок стануму	3,2-6,9;
порошок алюмінію або мливу алюмінієвої стружки і порошок магнію або мливу магнієвої стружки разом	12,1-33,2;
мливу стружки бронзи БрОЦС 5-5-5	решта,

а для живлення виливків з бронзи БрАЖ 10-4 склад екзотермічної суміші наступний, мас.%:

оксид купруму (CuO)	20,6-37,3;
оксид феруму або залізна окалина	2,2-3,9;
порошок алюмінію або мливу алюмінієвої стружки і порошок магнію або мливу магнієвої стружки разом	12,1-19,6;
мливу стружки бронзи БрАЖ 10-4	решта.

Переваги використання екзотермічної суміші даного складу полягають у тому, що це дозволить отримувати ремонтне литво з бронзи (БрОЦС 5-5-5, БрАЖ 10-4) в умовах майстерень та інших виробничих приміщень не пристосованих для звичайних методів плавлення металу; а також з'являється можливість виконувати живлення виливків з бронзи за допомогою металотермічних ливарних додатків.

Для досягнення вказаної мети були використані у складі металотермічної шихти оксиди легуючих елементів, що відновлюються алюмінієм, а також мливу бронзової стружки того ж хімічного складу, що і сплав залитий у форми.

Такий хімічний склад металотермічної шихти утворює суміш, здатну самовільно горіти з утворенням рідкої перегрітої бронзи типу БрОЦС 5-5-5, БрАЖ 10-4. Були проведені відповідні термохімічні та термодинамічні розрахунки на основі стехіометричного складу компонентів, із врахуванням засвоєння їх з шихти з використанням спеціально розробленої методики. В результаті пропонується наступний склад екзотермічної суміші для живлення виливків з бронзи БрОЦС 5-5-5, мас.%:

оксид купруму (CuO)	30,8-77,2;
оксид плюмбуму (PbO ₂) або порошок плюмбуму	3,2-6,9;
оксид цинку (ZnO) або порошок цинку	3,2-6,9;
оксид стануму (SnO ₂) або порошок стануму	3,2-6,9;
порошок алюмінію або мливу алюмінієвої стружки і порошок магнію або мливу магнієвої стружки	11,2-33,2;

разом
мливо стружки бронзи БрОЦС 5-5-5 решта.
а для живлення виливків з бронзи БрАЖ 10-4 наступний склад екзотермічної суміші:

оксид купруму (CuO)	20,6-37,3;
оксид феруму або залізна окалина Fe_3O_4	2,2-3,9;
порошок алюмінію або мливо алюмінієвої стружки і порошок магнію або мливо магнієвої стружки разом	11,1-19,6;

мливо стружки бронзи БрАЖ 10-4 решта.

Алюмінієвий порошок у даному складі шихти може бути замінений на мливо алюмінієвої стружки - відходи металорізального виробництва. Як інертні домішки, що покращують технологічні параметри металотермічного синтезу можна використовувати мливо стружки бронзи відповідної марки, а замість порошку карбону може використовуватись графіт, сажа та ін.

Адіабатична температура горіння суміші 1840-3100°C. При вмісті у суміші менше 10% млива стружки бронзи адіабатична температура горіння підвищується, що приводить до випалювання легуючих елементів і, відповідно, до зниження їх вмісту нижче нижньої границі регламентованої державним стандартом. При вмісті ж у суміші понад 50% млива стружки бронзи адіабатична, температура горіння знижується нижче допустимої (1840°C), що приводить до нестабільного горіння суміші і неможливості відокремити шлак від рідкого сплаву.

Задані границі домішок порошоків оксидів легуючих елементів (або порошоків металів) у екзотермічні суміші відповідають границям вмісту цих елементів у бронзі із врахуванням їх випалу, який сягає 7-9,2%.

Границі вмісту алюмінієвого порошку (млива алюмінієвої стружки) та порошку магнію (млива магнієвої стружки) обумовлені термохімічними розрахунками, виходячи з необхідності відновлення оксидів металів у складі шихти, а при необхідності легування бронзи алюмінієм, додаткового його вмісту у бронзі як легуючого елементу.

Якщо бронза легується ферумом, то фактично при компонуванні суміші в її складі поєднуються реакції відновлення оксидів купруму та інших елементів із горінням фероалюмінієвого терміту, і тоді, даний винахід можна використовувати поєднуючи у необхідних пропорціях запропоновану суміш зі звичайною термітною або сумішами порошоків алюмінію та піролюзиту.

Відмінні ознаки винаходу очевидні - винахід різко відрізняється від аналогів і прототипу як отриманим продуктом (бронза), так і використаною сировиною (оксиди металів та відходи виробництва).

Аналіз патентної літератури показав, що не знайдено аналогічних сумішей для металотермічного виплавляння бронз із використанням відходів виробництва, на основі чого можна зробити висновок, що запропонована екзотермічна суміш відповідає критерію "суттєві відмінності".

Приклад. Були використані виробничі умови Барського машинобудівного заводу (Вінницька область), де виплавлялися корпуси кранів Р-6 та корпуси гідродвигунів з бронз БрОЦС 5-5-5 та БрАЖ 10-4 відповідно.

Необхідний вміст домішок алюмінієвої стружки (чистотою 93-95% за металічним алюмінієм) на 1кг шихти визначається таким розрахунком за формулами:

$3\text{CuO} + 2\text{Al} = 3\text{Cu} + \text{Al}_2\text{O}_3$	(1)
$3\text{SnO}_2 + 4\text{Al} = 3\text{Sn} + 2\text{Al}_2\text{O}_3$	(2)
$3\text{ZnO} + 2\text{Al} = 3\text{Zn} + \text{Al}_2\text{O}_3$	(3)
$3\text{PbO} + 2\text{Al} = 3\text{Pb} + \text{Al}_2\text{O}_3$	(4)
$3\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{Al} = 9\text{Fe} + 4\text{Al}_2\text{O}_3$	(5)

Порахувавши молекулярні маси компонентів реакції і враховуючи, що атомна маса Al-27, встановлюємо, що для отримання 1кг бронзи БрАЖ 10-4 витрачається

$\frac{54 \cdot 199}{160 \cdot 0,95} = 71\text{г}$
алюмінію для відновлення феруму, та

$\frac{54 \cdot 364}{261 \cdot 0,95} = 79\text{г}$
алюмінію стружки для відновлення міді,
або у сумі 150г.

З 1кг шихти відновлюється 170г феруму і 430г купруму.

Відомо, що вихід металотермічного сплаву з шихти складає приблизно 60%. З розрахунку для бронзи БрОЦС 5-5-5 ми отримаємо наступний склад металотермічної шихти (у мас.%):

оксид купруму (CuO)	31,2;
порошок плюмбуму	6,7;
порошок цинку	6,7;
порошок стануму	6,7;
порошок алюмінію	12,1;
мливо стружки бронзи БрОЦС 5-5-5	решта.

Аналогічний розрахунок для бронзи БрАЖ 10-4 дає наступний склад шихти (у мас.%):

оксид купруму (CuO)	33,3;
оксид феруму (залізна окалина Fe_3O_4)	3,6;
порошок алюмінію	13,1;
мливо стружки бронзи БрАЖ 10-4	решта.

У цеху кольорового литва Барського машинобудівного заводу було проведено плавку п'яти бронзових виливків кранів Р6 з БрОЦС 5-5-5 та п'яти корпусів гідродвигунів з БрАЖ 10-4 із використанням технологій термітних ливарних додатків високого температурного градієнту. Металотермічний пакет відповідного складу

вставлявся у порожнину ливарного додатку форми після її заливки бронзою. Через 20-30с починалася високоекзотермічна реакція, в результаті якої, синтезувалася рідка бронза, що підживлювала ливарний додаток при цьому не змінюючи хімічного складу піддодаткової зони виливка.

Результати хімічного аналізу і механічних властивостей взірців вирізаних з ливарного додатку і піддодаткової зони показано в табл.

Таблица

Хімічний склад та механічні властивості досліджених
бронзових виливків

Марка сплаву ¹	Місце проби	Хімічний склад, у мас. %							Механічні властивості		
		Cu	Sn	Zn	Pb	Fe	Al	Інші домішки	σ_B , МПа	Твердість, НВ	δ , %
БрОЦС 5-5-5	Ливарний додаток	73,2	5,1	5,1	5,1	-	0,1 ²	0,20	140	170	2,3
	Піддодаткова зона ³	74,3	4,9	5,1	5,0	-	0,1 ²	0,05	270	220	6,8
БрАЖ 10-4	Ливарний додаток	83,1	-	-	-	4,3	10,3	0,25	110	155	3,9
	Піддодаткова зона	83,7	-	-	-	4,2	10,1	0,03	260	240	7,4

¹У табл. наведено середні результати вимірювань для п'яти виливків.

²Залишковий алюміній, що попав у піддодаткову зону з металотермічної шихти.

³Проба вирізалася з центральної частини піддодаткової зони.

Техніко-економічна ефективність. Використання металотермічної плавки може бути економічно доцільним у випадках, коли потрібно терміново (за лічені секунди) отримати рідкий бронзовий сплав, при відсутності джерел електроенергії, складного обладнання для плавлення металу та ін., тобто в - ремонтних неспеціалізованих майстернях і навіть польових умовах. В той же час застосування даних складів металотермічних шихт в технології ливарних екзотермічних додатків високого температурного градієнту в умовах серійного або й масового виробництва дозволяє економити до 80% ливарного додатку, що при переплавлінні дає можливість зберегти до 7% дорогих кольорових металів, які втрачаються без відновлення.

Таким чином, одна тонна у середньому найдешевшого кольорового металу, що входить у склад бронзи коштує до 11 500грн. за тонну. При обсязі виробництва 200 000тонн литва в рік на ливарний додаток іде до 15% сплаву, а це дає:

$$200\,000 \cdot 0,07 \cdot 0,15 \cdot 11\,500 = 24\,150\,000 \text{ грн.}$$

Насправді ефект ще більший тому, що у виробництво повертається також ферум, який вміщується у залізній окалині, а також замість порошоків металів та їх оксидів можна використовувати мливу стружки - відход металорізального виробництва.

Джерела інформації:

1. а. с. №533664, Б.И., 1976, №40, с.76.

2. а. с. №598684, Б.И., 1978, №11, с.29.

3. Патент №49264А "Екзотермічна суміш для живлення виливків з високолегованих сталей", Бюл. №9 "Промислова власність", 2002 - прототип.