



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **67817** (13) **U**  
(51) МПК (2012.01)  
**B22D 11/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2011 08664</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>11.07.2011</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>12.03.2012</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.03.2012, Бюл.№ 5</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Патон Борис Євгенович (UA), Григоренко Георгій Михайлович (UA), Полецук Михайло Анатолійович (UA), Шевцов Віктор Львович (UA), Пузрін Леонід Густавович (UA), Пузрін Олександр Леонідович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА НАН УКРАЇНИ, вул. Боженка, 11, м. Київ-150, МСП, 03680 (UA)</b></p>
---	--

**(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ КРИСТАЛІЗАТОРІВ ДЛЯ МАШИН БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТОВОК**

**(57) Реферат:**

Спосіб виготовлення кристалізаторів для машин безперервного лиття заготовок, згідно з яким на поверхню плоских мідних охолоджуваних панелей, котрі входять до складу кристалізаторів, наносять захисне покриття. Для покриття застосовують завчасно виготовлені листи зі зносостійкого металевого матеріалу товщиною 0,5-3,0 мм з необхідними експлуатаційними властивостями і ці листи з'єднують з основою мідних панелей способом автовакуумної пайки під тиском.

**UA 67817 U**



Корисна модель належить до металургії і може бути використаною в ливарних цехах металургійних заводів в установках безперервного лиття сталі та кольорових металів.

Сучасні машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) передбачають заливку розплавленого металу в мідні кристалізатори, що охолоджуються водою, і безперервне витягування з них не повністю затверділих литих заготовок (зливків). При цьому швидкість витягування зливків регулюють таким чином, що дзеркало рідкого металу в кристалізаторі завжди зостається практично на одному рівні відносно верхнього краю кристалізатора впродовж всього робочого циклу. Основною функцією кристалізаторів є забезпечення часткового затвердіння металевого розплаву з утворенням кірки твердого металу по всьому периметру панелі кристалізатора за рахунок швидкої передачі тепла охолоджуючій воді. Для виконання цієї важливої функції кристалізатор повинен мати високі експлуатаційні характеристики, до яких в першу чергу належить теплопровідність та стійкість до термічної ерозії і деформації, адже саме від цих факторів повною мірою залежить ефективність роботи МБЛЗ. А, враховуючи те, що затверділа кірка зливка в процесі виїмки ковзає по поверхні кристалізатора, ступінь чистоти та твердість робочої поверхні останнього повинна бути достатньо високою.

Для отримання квадратних та прямокутних заготовок застосовують збірні кристалізатори, до складу яких входять чотири пласкі мідні панелі, які утворюють внутрішню порожнину кристалізатора. Через тертя об заготовку робоча поверхня мідних панелей зношується нерівномірно (найбільше - у їх нижній частині), через що панелі потребують частого ремонту, що призводить до значних витрат і простоїв МБЛЗ. Для підвищення роботоспроможності та експлуатаційних якостей кристалізатора, а також, що вкрай важливо - економії дорогої міді, на робочу поверхню його панелей потрібно наносити захисне покриття.

На сьогоднішній день серед широкого масиву різноманітних способів підвищення роботоспроможності панелей найбільш поширеними є нанесення захисного покриття гальванічним методом, термічним напиленням, приєднанням захисного шару різноманітними способами зварювання, зокрема вибухом, тощо.

Так, в патенті РФ № 2318631 [МПК<sup>8</sup>: B22D 11/059, опубл. 10.03.2008 р.] описаний спосіб нанесення гальванічного покриття на панель кристалізатора, у якому панель використовується як катод. Анод розміщений в спеціальній формувальній ємності, через яку пропускають потік електроліту, котрий є носієм матеріалу покриття. Рівномірності нанесення покриття домагаються шляхом періодичного змінювання напрямку полюсів за допомогою випрямляча.

Подібна технологія описана в патенті РФ № 2094167 [МПК<sup>6</sup>: B22D 11/04, опубл. 27.10.1997 р.]. Вона передбачає нанесення гальванічного покриття хромом. Особливістю цього методу є те, що захисне покриття в подальшому обробляють електронним променем.

Основним недоліком обох технологій є те, що зв'язок утвореного захисного шару з поверхнею мідної панелі недостатньо міцний, через що нанесені гальванічним методом покриття є недовговічними і швидко зношуються. Крім цього, сама електрохімічна гальванізація є досить трудомістким та технологічно ускладненим виробництвом і потребує наявності великих виробничих площ для розміщення гальванічних ванн.

Прикладом нанесення захисного зносостійкого шару на поверхню панелей кристалізатора із застосуванням іншого методу - напилення - може бути технологія, представлена в патенті РФ № 2202440 [МПК<sup>7</sup>: B22D 11/057, опубл. 20.04.2003 р.]. Захисний шар утворюють пошаровим нанесенням мідно-нікелевого матеріалу у вигляді смуг з поперечним зміщенням відносно напрямку напилення. Поперечне зміщення напилених смуг забезпечує рівну товщину покриття по всій поверхні панелі, але, як і у вищенаведених прикладах, воно має недостатньо міцний зв'язок з матеріалом панелі і швидко стирається.

Більш ефективним методом з точки зору підвищення зносостійкості панелей є електроіскрове легування панелей кристалізатора. Такий метод описаний в патенті РФ № 2333087 [МПК<sup>9</sup>: B23P 6/00, B23H 9/00, B22D 11/059, опубл. 10.09.2008 р.] і передбачає двошарове нанесення покриття твердосплавними електродами на установці електроіскрового легування із обертанням електрода-інструмента навколо своєї осі, його вібрацію і переміщення в поперечному та поздовжньому напрямках. В процесі легування матеріал електрода переноситься на мідну панель кристалізатора, утворюючи шар з легуючого матеріалу. Але і при цьому процесі ступінь дифузійного проникнення матеріалу електрода в матеріал пластини є недостатньо високою, що є причиною швидкого зношування покриття і зародження в ньому тріщин, які призводять до його руйнування. Крім того, покриття, нанесені цим методом, як, до речі, і усіма вищерозглянутими методами, мають недостатню щільність.

За прототип корисної моделі прийнятий спосіб виготовлення кристалізаторів для машин безперервного лиття заготовок, згідно з яким на поверхню пласких мідних охолоджуваних панелей, котрі входять до складу кристалізаторів, наносять захисне покриття [Непрерывное

литьє стали. Евтеев Д.П., Колыбалов И.Н. - М.: Metallurgiya, 1984. - с. 64-65]. Технологія, викладена у цьому літературному джерелі, передбачає з'єднання мідної панелі кристалізатора з плакуючим шаром зносостійкого матеріалу методом зварювання вибухом.

5 Головним недоліком цього методу є те, що міцність зчеплення плакуючого шару з поверхнею мідної панелі кристалізатора в різних місцях є неоднаковою. Наприклад, в зонах, котрі розміщені ближче до країв панелі, зчеплення може бути значно меншим, ніж в інших зонах площини панелі.

10 Як засвідчує практика використання кристалізаторів машин безперервного лиття металів, найбільш ефективного водоохолодження панелей можна досягти за умови мінімізації товщини їх захисного шару. А специфічність вибухового методу накладає на це певні обмеження, і отримати тонкий шар захисного покриття із його застосуванням практично неможливо, тому що тонкий лист покриття під час вибуху, не витримавши динамічного навантаження, просто втратить свою цілісність. Тому в реальних умовах нанесені вибуховим методом покриття мають значну товщину (не меншу 4 мм), і для її мінімізації покриття піддають механічній обробці на шліфувальному обладнанні, а це, в свою чергу, ускладнює та здорожує процес виготовлення панелей.

Щодо процесу зварювання вибухом, як такого, слід зазначити, що його виконання пов'язане з необхідністю дотримання особливо суворих умов безпеки, що в цілому ускладнює технологію.

20 З усього цього можна дійти висновку, що метод зварювання вибухом є не найкращим варіантом виготовлення захисного покриття панелей кристалізаторів.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення ефективності та спрощення способу виготовлення кристалізаторів для машин безперервного лиття заготовок шляхом поєднання найбільш оптимального методу нанесення захисного покриття на панелі кристалізатора з потрібними експлуатаційними характеристиками матеріалу цього покриття, зокрема, шляхом з'єднання панелей з покриттям методом автовакуумної пайки під тиском із застосуванням як покриття тонких металевих листів із завчасно заданими властивостями, в результаті чого досягається можливість отримання покриття з потрібними експлуатаційними характеристиками, з підвищеною міцністю зчеплення з поверхнею мідної панелі, рівномірного за щільністю та мінімального за товщиною по всій поверхні нанесення, а також можливість суттєвого спрощення технологічного процесу.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у способі виготовлення кристалізаторів для машин безперервного лиття заготовок, згідно з яким на поверхню плоских мідних охолоджуваних панелей, котрі входять до складу кристалізаторів, наносять захисне покриття, згідно з запропонованою корисною моделлю, для покриття застосовують завчасно виготовлені листи зі зносостійкого металевого матеріалу товщиною 0,5-3,0 мм з необхідними експлуатаційними властивостями і ці листи з'єднують з основою мідних панелей способом автовакуумної пайки під тиском. При цьому як покриття можуть бути застосовані листи зі зносостійкого металевого матеріалу, вибраного з ряду - зносостійка вуглецева сталь, нержавіюча сталь, сплави на основі міді, сплави на основі нікелю, сплави на основі кобальту. При з'єднанні листа зі зносостійкого металевого матеріалу з мідною панеллю край листа доцільно розміщувати в нижній частині панелі на рівні, що знаходиться на 50-150 мм нижче дзеркала рідкого металу в кристалізаторі.

45 Вказаний вище технічний результат, який досягається в процесі виконання запропонованого способу, обумовлений ознаками, які відрізняють його від ознак подібних технічних рішень, описаних згідно з відомим рівнем техніки, зокрема, наведеним в літературному джерелі, прийнятому за прототип.

50 Застосування як матеріалу захисного покриття завчасно виготовлених тонких листів зі зносостійкого металевого матеріалу з необхідними експлуатаційними властивостями, які з'єднуються з поверхнею панелі методом автовакуумної пайки під тиском, надає запропонованій технології ряд суттєвих переваг у порівнянні з технологією, описаною в прототипі. Завдяки тому, що для формування покриття завжди можна застосовувати металеві листи необхідної товщини та із заздалегідь визначеним кількісним і якісним складом легуючих компонентів, на поверхню панелі кристалізатора можна нанести захисний шар, який матиме потрібну теплопровідність, механічні властивості, низький коефіцієнт тертя та інші експлуатаційні характеристики, які будуть найбільш прийнятними для експлуатації кристалізатора в умовах підвищених температур. Метод дозволяє легко варіювати товщину та склад захисного покриття, підбираючи його для виготовлення різноманітних кристалізаторів відповідно конкретним умовам їх експлуатації.

60 Головними перевагами представленої технології є не тільки можливість одержання покриття із заздалегідь обумовленими властивостями, а і те, що товщину цього покриття можна

мінімізувати до величин порядку 0,5-3,0 мм. Таким чином, дане технічне рішення дозволило поєднати дві основні вимоги, які висуваються до будь-якого покриття водоохолоджуваних панелей кристалізатора і є критерієм оцінки ефективності відведення від них тепла - високу міцність при мінімальній товщині, чого вкрай важко досягти при застосуванні всіх вищерозглянутих технологій. При цьому, завдяки особливостям технології автовакуумного паяння під тиском, покриття має набагато вищу міцність зчеплення з поверхнею мідної панелі у порівнянні з покриттями, котрі отримувались із застосуванням вибухової технології. Воно має однакову товщину та щільність по всій поверхні нанесення панелі, в тому числі і на її периферійних зонах. Слід зазначити, що різниця між теплопровідністю панелі з нанесеним у відповідності до представленої технології покриттям і теплопровідністю мідної панелі без покриття є мінімальною, завдяки чому створюються сприятливі умови для ефективного тепловідведення.

Для досягнення найбільш ефективного тепловідведення захисне покриття доцільно наносити не на всю поверхню мідної панелі, а лише на ту її частину, яка зазнає найбільшого зносу і розташована на 50-150 мм нижче дзеркала рідкого металу у кристалізаторі. Тому при з'єднанні листа зі зносостійкого матеріалу з мідною панеллю край листа розміщують саме на цьому рівні. Очевидно, що розміщувати край листа на відстані, меншій 50 мм нижче дзеркала рідкого металу, як і вище 150 мм, недоцільно, тому що в обох випадках зона захисту панелі не відповідатиме дзеркалу рідкого металу в кристалізаторі.

В процесі реалізації запропонованої технології із застосуванням автовакуумної пайки під тиском протягом всього технологічного циклу розплавлений припій, розміщений між панеллю і листом зі зносостійкого матеріалу, рівномірно змочує з'єднувані поверхні, при цьому між цими поверхнями і рідким припоєм утворюється металевий зв'язок, котрий зберігається і після затвердіння припою, створюючи таким чином надійне та міцне з'єднання.

Перевагою способу у порівнянні з описаним у прототипі є і те, що він набагато простіший та безпечніший у виконанні.

Таким чином, запропонований спосіб додає вагомий внесок до вирішення проблеми забезпечення міцності зчеплення покриття з основою - мідною панеллю при одночасному виконанні інших вимог до покриттів панелей кристалізаторів машин безперервного лиття металів.

Запропонована технологія здійснюється наступним чином:

На всій поверхні пласкої мідної панелі кристалізатора або на її нижню частину наноситься тонкий шар припою (це може бути тонка фольга або нанесений шляхом гальванізації чи термічного напилення металевий шар тощо), і на неї металевий лист, який виконуватиме функцію захисного покриття. Вся збірка розміщується в сталевому контейнері, який герметично заварюють тонкою сталевую кришкою, яка повинна прилягати до поверхні листа - майбутнього покриття. Після контролю герметичності зварних швів з контейнера вакуумним насосом видаляють залишки повітря і розміщують його в термічній печі зі звичайною атмосферою. Контейнер нагрівають до температури паяння припою і витримують при ній протягом певного часу, достатнього для повного розплавлення припою. Після цього контейнер охолоджують. Необхідний для паяння тиск забезпечує повітряна атмосфера через тонку кришку контейнера. При необхідності в подальшому виконують загартування з відпуском, якщо цього потребує матеріал покриття.

Приклад 1.

На мідну панель кристалізатора розміром 1200×800 мм товщиною 40 мм укладають сталевий припій у вигляді фольги з мідного сплаву товщиною 0,2 мм. Припій укладають окремими смугами, ширина яких становить 250 мм. Зверху припою укладають захисне покриття - лист товщиною 1,5 мм зі зносостійкої сталі марки 65Г. Отриману збірку розміщують в контейнері зі сталі марки Ст20, котрий герметично закривають сталевую кришкою з того ж матеріалу товщиною 0,5 мм, забезпечуючи при цьому її щільне притискання до сталевого листа. При цьому тонка кришка контейнера, котра перебуває під дією атмосферного тиску, забезпечує рівномірне притискання захисного листа до площини панелі. Після цього кришку приварюють до стінок контейнера по всьому периметру.

Зварні шви піддають контролю на герметичність, після чого з контейнера вакуумним насосом видаляють залишки повітря. Далі контейнер розміщують в термічній печі зі звичайною атмосферою і нагрівають до температури паяння припою 950 °С та витримують при ній протягом 30-40 хв. За цей час припій повністю розплавляється. Після цього контейнер разом з піччю охолоджують.

Приклад 2.

В цьому експерименті використовують мідну панель кристалізатора тих же розмірів, що і в попередньому випадку. Як припій застосовують матеріал на основі марганцю, який наносять на мідну основу панелі електролітичним методом шаром товщиною 0,01-0,02 мм. Зверху припою укладають захисне покриття - лист з нержавіючої сталі мартенситного класу марки 4 × 13 товщиною 1,0 мм. Після цього повторюють всі технологічні операції, як в прикладі 1.

Приклад 3.

Мідну панель тих же розмірів, що і в попередніх випадках, прошліфують на глибину 2 мм на 100 мм нижче дзеркала рідкого металу в кристалізаторі. На площині 1200×500 мм зішліфують шар міді товщиною 2,2 мм і в утворену площину вкладають фольгу зі сплаву на основі міді у вигляді двох смуг шириною 250 мм і товщиною 0,2 мм. Зверху припою укладають лист товщиною 2 мм з нержавіючої сталі мартенситного класу марки 4 × 13 товщиною 1,0 мм. Далі повторюють всі технологічні операції, як в прикладах 1 і 2.

Результатом проведення експериментів, наведених в усіх трьох прикладах, є одержання покриття з високою міцністю зчеплення з поверхнею мідної панелі, з однаковою товщиною та щільністю по всій поверхні нанесення.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб виготовлення кристалізаторів для машин безперервного лиття заготовок, згідно з яким на поверхню плоских мідних охолоджуваних панелей, котрі входять до складу кристалізаторів, наносять захисне покриття, який **відрізняється** тим, що для покриття застосовують завчасно виготовлені листи зі зносостійкого металевого матеріалу товщиною 0,5-3,0 мм з необхідними експлуатаційними властивостями і ці листи з'єднують з основою мідних панелей способом автовакуумної пайки під тиском.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як покриття застосовують листи зі зносостійкого металевого матеріалу, вибраного з ряду - зносостійка вуглецева сталь, нержавіюча сталь, сплави на основі міді, сплави на основі нікелю, сплави на основі кобальту.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при з'єднанні листа зі зносостійкого металевого матеріалу з мідною панеллю край листа розміщують в нижній частині панелі на рівні, що знаходиться на 50-150 мм нижче дзеркала рідкого металу в кристалізаторі.

---

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601