



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **47549** (13) **U**
(51) МПК (2009)
C22C 35/00
C22B 1/242 (2009.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ШИХТА ДЛЯ ОТРИМАННЯ МЕТАЛІЗОВАНОГО ЛЕГУЮЧОГО МАТЕРІАЛУ

1

(21) u200908835

(22) 25.08.2009

(24) 10.02.2010

(46) 10.02.2010, Бюл. № 3, 2010 р.

(72) РЕВУН МИХАЙЛО ПАВЛОВИЧ, КАЮКОВ
ЮРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, ЧЕПРАСОВ ОЛЕКСАНДР
ІВАНОВИЧ, ВИЗЕР АЛИНА АНАТОЛЬЄВНА
(73) ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКА-
ДЕМІЯ

(57) 1. Шихта для отримання металізованого ле-
гуючого матеріалу, що містить оксиди легуючих
елементів, вуглецевий відновник і зв'язуюче, яка
відрізняється тим, що додатково містить подріб-

2

нені леговані металеві відходи при наступному
співвідношенні інгредієнтів, мас. %:

подрібнені леговані металеві відходи	7,6-39,5
вуглецевий відновник	5,0-10,3
зв'язуюче	5,7-9,5
оксиди легуючих елементів	решта.

2. Шихта по п. 1, яка **відрізняється** тим, що міс-
тить всі компоненти в компактованому вигляді.

3. Шихта по п. 1, яка **відрізняється** тим, що міс-
тить оксиди легуючих елементів, вуглецевий від-
новник, зв'язуюче і 33,0-89,5 % кількості подрібне-
них легованих металевих відходів в
компактованому вигляді.

Корисна модель відноситься до металургії, зо-
крема до шихт, які використовуються для отри-
мання металізованих легуючих матеріалів, що
застосовуються при виплавці високолегованих
сталей.

Вуглетермічне відновлення шихти на основі
оксидної сировини є найбільш поширеним мето-
дом отримання металізованих матеріалів.

Відома шихта [см. Анциферов В.Н., Бобров
Г.В., Дружинин Л.К. и др. Порошковая металлургия
и напыленные покрытия. - М.: Металлургия, 1987.
- 792с.], що містить оксидну сировину (окалина на
основі заліза), - 60-69мас.% і вуглецевмісну відно-
вну суміш на основі термоштиба - 40-31мас.%.
Шихта піддається металізації в циліндрових кап-
сулах, в яких її компоненти розміщені у вигляді
вертикальних концентричних шарів, що не змішу-
ються. При цьому оксидна сировина має форму
трубчастого шару, усередині і зовні якого розта-
шована відновна суміш. Час відновлення оксидної
частки шихти у високотемпературній зоні печі
складає 44 години. Процес відновлення реалізу-
ється у результаті взаємодії оксидів металу з ок-
сидом вуглецю СО, що генерується термоштибом.
Лімітуючою стадією, що визначає швидкість відно-
влення, а, отже, і продуктивність пічного агрегату,
в якому здійснюється металізація шихти, є проце-
си дифузії молекул СО до часток окалини і у звор-
отному напрямі утворених молекул СО₂ через

канали і пори в шихті. Гальмування процесів від-
новлення обумовлене утворенням металевого
покриву навколо окремих недовідновлених часток
окалини і зростом, в цілому, щільного шару спече-
ної металізованої губки. По мірі наростання цих
шарів їх дифузійний опір зростає, що і обумовлює
істотне уповільнення швидкості процесу і значний
час металізації шихти. Одним із шляхів інтенсифі-
кації відновних процесів і, як наслідок, збільшення
швидкості металізації, є розділення всієї маси від-
новлюваної в капсулах шихти на невеликі об'єми
(брикети), що містять ретельно перемішані почат-
кові компоненти шихти. Використання брикетова-
ної шихти забезпечує: 1) локалізацію відновних
процесів в межах об'єми кожного окремого брике-
ту; 2) здійснення відновних процесів одночасно по
всьому об'єму брикету внаслідок того, що частинки
оксидів металів і відновника знаходяться в безпо-
середньому контакті.

Найбільш близькою по сукупності ознак до
шихти, що заявляється, є шихта для отримання
металізованого легуючого матеріалу на основі
металооксидних відходів виробництва швидкорі-
зальних сталей [Григорьев С.М., Карпунина М.С.
Разработка технологии получения металлizado-
ванной паспортной заготовки для выплавки легиро-
ванных сталей. // Сталь. - 1998. - №1. - С.73-76.].
Вона містить: вуглецевий відновник - 5,9-11мас.%,
зв'язувальне - 7,7-9,3мас.% і оксиди легуючих

(19) **UA** (11) **47549** (13) **U**

елементів, що представлені окалиною швидкорізальної сталі в кількості 39,5-75мас.% і оксидними концентратами легуючих елементів (KMnO_2 із змістом 58,2% MoO_3 і КШИ-1 із змістом 67,7% WO_3) - решта. Брикетована шихта відомого складу розміщується в циліндрових капсулах, забезпечених спеціальними затворами, що запобігають вторинному окисленню, і піддається відновленню в умовах полум'яної нагрівальної печі. Використання шихти в брикетованому стані забезпечує зменшення часу відновлення шихти і, як наслідок, збільшення продуктивності пічного агрегату. Час відновлення оксидної складової шихти складає 8-12 годин.

Одним із показників якості металізованого матеріалу є ступінь його відновлення. Швидкість металізації і пов'язані з нею показники, а також середній по перерізу капсули ступінь відновлення визначаються як температурним рівнем процесу, так і теплофізичними властивостями шихти і, зокрема, її коефіцієнтом теплопровідності. Брикетована шихта відомого складу, поміщена в реакційну місткість, утворює решітку, у вузлах якої знаходяться брикети, а в просторі між ними газоподібні продукти відновних реакцій. Така структура шару знижує рівень теплопередачі із-за низького значення коефіцієнта теплопровідності, як газової фази, так і брикетів. У зв'язку з цим, інтенсифікація процесів теплопередачі за рахунок збільшення теплопровідності шару шихти сприятиме збільшенню швидкості металізації і підвищенню якості кінцевого продукту.

В основу корисної моделі поставлено завдання розробки складу шихти, в якому за рахунок введення нових складових і їх кількісних співвідношень, забезпечується збільшення швидкості металізації шихти і ступеня відновлення оксидів металів.

Для вирішення поставленого завдання шихта для отримання металізованого легуючого матеріалу, що містить оксиди легуючих елементів, вуглецевий відновник і зв'язувальне, відповідно до корисної моделі, вона додатково містить подрібнені леговані метали відходи при наступному співвідношенні інгредієнтів, мас. %:

подрібнені леговані метали відходи	7,6-39,5
вуглецевий відновник	5,0-10,3
зв'язувальне	5,7-9,5
оксиди легуючих елементів	решта.

Шихта може містити всі компоненти в компактованому вигляді або оксиди легуючих елементів, вуглецевий відновник, зв'язувальне і 33,0-89,5% кількості подрібнених легованих металевих відходів в компактованому вигляді.

Оксиди легуючих елементів представлені в шихті, що заявляється, оксидними концентратами легуючих елементів і/або окалиною високолегованих сталей. Окалина високолегованих сталей містить основні легуючі елементи в кількостях близьких до вмісту останніх у відповідних марках сталей. Використання оксидних концентратів легуючих елементів дозволяє отримати кінцевий металізований продукт з необхідним вмістом провідних легуючих елементів. Процес відновлення оксидної складової шихти, що заявляється, реалі-

зується в результаті взаємодії оксидів металу з оксидом вуглецю CO , що генерується вуглецевим відновником за відповідних температурних умов. Вміст відновника в шихті, що заявляється, в кількості 5,0-10,3мас.% забезпечує отримання металізованого легованого матеріалу з допустимим вмістом залишкового кисню і вуглецю. Якщо вміст вуглецевого відновника нижче 5,0мас.%, то в системі відсутні умови для повного відновлення оксидів металів. Це призводить до збільшення (понад допустимого) вмісту залишкового кисню у складі недовідновлених оксидів металів і втрати легуючих елементів при виплавці сталі. При збільшенні вмісту відновника понад 10,3мас.%, у шихті з'являється "зайвий" вуглець, який збільшує (понад допустимий) вміст залишкового вуглецю в металізованому продукті.

Введення до складу шихти зв'язувальних добавок, є універсальним технологічним прийомом при отриманні брикетованих матеріалів. Вимоги до властивостей зв'язувального залежать від призначення і подальшого використання брикетів. Основними вимогами до цих речовин, що використовуються у складі шихти для отримання металізованого легуючого матеріалу, є: 1) зв'язувальне повинне забезпечити отримання сирих брикетів з достатньо високими характеристиками міцності; 2) рівень вмісту шкідливих речовин, які вносяться зв'язувальними добавками, не повинен істотно впливати на хімічний склад сталей, що виплавляються із застосуванням металізованих легуючих матеріалів. У шихтах для отримання металізованих лігатур зазвичай використовують вуглецевмісні зв'язувальні добавки, до складу яких, крім активного вуглецю, входять летючі речовини. При нагріві сирих брикетів в процесі їх металізації відбувається видалення летючих компонентів із зв'язки. Коксовий залишок, що утворюється при цьому, додає брикетам необхідну міцність і пористість. Зв'язувальне, входить до складу шихти, що заявляється, в кількості 5,7- 9,5мас.%, забезпечує отримання достатньо міцних сирих брикетів. Якщо вміст зв'язувального нижче 5,7мас.%, то в системі відсутні умови для отримання однорідного компактованого матеріалу. При нагріві таких матеріалів після видалення із зв'язки летючих речовин кількість коксового залишку стає недостатньою для утворення міцного кускового матеріалу. Це призводить до руйнування брикетів і істотного підвищення газошільності шару шихти, що, у свою чергу, знижує швидкість металізації і ступінь відновлення легуючих елементів. До складу зв'язувального разом з активним вуглецем і летючими компонентами, входять речовини, наприклад сірка, вміст яких в матеріалах, вживаних в сталеплавильному виробництві, жорстко регламентовано. При збільшенні вмісту зв'язувального понад 9,5% (по масі) кількість шкідливих домішок, що вносяться зв'язувальним в шихту, що заявляється, перевищує допустиму межу. В цьому випадку використання металізованого легуючого матеріалу в сталеплавильному виробництві або неприпустимо, або вимагає спеціальних технологічних операцій по зниженню вмісту шкідливих домішок.

Подрібнені леговані металеві відходи є високотеплопровідним матеріалом. Введення цих добавок до складу шихти сприяє збільшенню її коефіцієнта теплопровідності і перешкоджає спіканню відновлюваного продукту. Чим краще шихта проводить тепло, тим швидше прогривається матеріал брикету і вище його температура. Збільшення температурного рівня інтенсифікують процеси дифузії, що, у свою чергу, сприяє скороченню тривалості відновних реакцій і збільшенню швидкості металізації. Якщо вміст подрібнених легованих металевих відходів нижче 7,6мас.%, то в системі відсутні умови для запобігання процесам спікання відновлюваного продукту і формування щільного металізованого шару. В цьому випадку збільшення теплопровідності шихти нівелюється чинником зниження її газопроникності, і наявність металодобавок практично не робить впливу на швидкість металізації. Збільшення вмісту металодобавок, унаслідок "відокремлення" частинок вуглецевого відновника і металооксидів, призводить до зростання загальної довжини каналів і пор, по яким здійснюється дифузія газоподібних реагентів і продуктів відновних реакцій. Це, у свою чергу, підвищує час перебігу цих реакцій і знижує швидкість металізації шихти. При збільшенні вмісту подрібнених легованих металевих відходів понад 39,5мас.%, пониження інтенсивності дифузійних процесів за рахунок збільшення довжини каналів і пор вже не компенсується температурним чинником і призводить до зменшення швидкості металізації.

Брикетована шихта складу, що заявляється, розміщується в циліндрових капсулах, забезпечених спеціальними затворами, що запобігають вторинному окисненню, і піддається відновленню в умовах полум'яної нагрівальної печі. У радіальному перерізі реакційної місткості утворюється шар, що складається з "теплопровідних" брикетів і об'ємів простору між ними, заповнених газоподібними продуктами відновних реакцій. Збільшена теплопровідність шихти, що заявляється, сприяє інтенсифікації теплообмінних процесів і, як наслідок, збільшенню швидкості її металізації. Проте, така структура шару із-за низького значення коефіцієнта теплопровідності газової фази зумовлює передачу тепла в основному через окремі брикети і поверхню контакту між ними. У зв'язку з незначною величиною цієї поверхні в радіальному перерізі капсули виникає великий перепад температури. Це створює нерівномірні температурні умови для металізації окремих брикетів шару і знижує середню за об'ємом капсули ступінь відновлення.

Заповнення простору між брикетами частиною кількості подрібнених металевих відходів, що входять до складу шихти, що заявляється, дозволяє істотно підвищити ефективний коефіцієнт тепло-

провідності шару початкових матеріалів. Така структура шару, що включає оксиди легуючих елементів, вуглецевий відновник, зв'язувальне і 33,0-89,5% кількості подрібнених металевих відходів в компактованому вигляді, а решту частини кількості подрібнених легованих металевих відходів в просторі між окремими брикетами, дозволяє істотно інтенсифікувати внутрішній теплообмін. В цьому випадку брикети відокремлені один від одного шаром металевих частинок. Останні, в результаті великого коефіцієнта теплопровідності, в значній мірі збільшують значення теплового потоку від сприймаючої теплоповерхні місткості до внутрішніх шарів шихти. Тепло передається теплопровідністю, як вздовж шарів металевих часток, так і через брикети.

Перерозподіл подрібнених металевих відходів між брикетами і "вільним" простором між ними дозволяє формувати оптимальні теплофізичні властивості шару шихти в цілому. В результаті забезпечується інтенсивне і рівномірне прогрівання початкових матеріалів по всьому об'єму реакційного простору, що обумовлює збільшення середньої за об'ємом капсули ступеня відновлення кінцевого продукту. Введення до складу брикетів більше 89,5% кількості подрібнених легованих металевих відходів знижує вміст подрібнених легованих металевих відходів в просторі між суміжними брикетами настільки, що між ними утворюються порожнечі, заповнені тільки газоподібними продуктами відновних реакцій. Це призводить до різкого зниження інтенсивності теплового потоку через шар металевих частинок, виникненню нерівномірного в даному перерізі температурного поля і, як результат, до зниження середньої за об'ємом капсули ступеня відновлення кінцевого продукту. Введення до складу брикетів менше 33,0% кількості подрібнених легованих металевих відходів збільшує їх вміст між суміжними брикетами настільки, що окремі брикети вже повністю оточені прошарками металевих частинок і не контактують між собою. Така структура шару початкових матеріалів забезпечує практично однорідні температурні умови для металізації шихти в радіальному перерізі реакційної капсули. У той же час, зниження теплопровідності і підвищення газощільності компактованої частини шихти досягають таких значень, при яких створюються умови для нерівномірної металізації початкових матеріалів в межах об'єму окремого брикету і зниження середньої за об'ємом капсули ступеня відновлення кінцевого продукту.

У лабораторних умовах було випробувано дослідні партії розробленого складу шихти. У якості металовмісної сировини використовували окалину швидкорізальної сталі Р9М4К8. Хімічний склад окалини приведений в табл.1.

Таблиця 1

Хімічний склад окалини швидкорізальної сталі використовувалась при отриманні дослідних складів Р9М4К8, що шихти

C	Ni	Mo	Cr	W	V	Co	S	P	Cu	Si	Mn	O ₂	Fe
0.06	0.21	2.4	3.1	6.9	1.6	6.2	0.018	0.009	0.18	0,4	0.3	30.0	решта

Окалину швидкорізальної сталі, оксидні концентрати легуючих елементів і деревне вугілля, що містить 80мас.% вуглецю, подрібнювали, доповнювали подрібненими легованими металевими відходами, що отримані в процесі силового шліфування товарних поковок із швидкорізальної сталі Р9М4К8, ретельно перемішували і компактували. Кам'яновугільний пек, що містить 80мас.% летючих речовин і 20мас.% активного вуглецю, використовувався як зв'язувальне і забезпечував достатньо високі характеристики міцності сирих брикетів. Крім того, окалину швидкорізальної сталі, оксидні концентрати легуючих елементів, деревне

вугілля і кам'яновугільний пек в суміші з частиною кількості подрібнених легованих металевих відходів піддавали компактуванню, а часткою кількості подрібнених легованих металевих відходів, що залишилася, доповнювали сирі брикети. Шихту завантажували в місткості розміром 120×300мм, забезпеченими спеціальними затворами, що запобігають вторинному окисленню. Металізацію шихти здійснювали в ізотермічному режимі в робочій камері лабораторної нагрівальної печі. Результати випробувань шихти для отримання металізованого легуючого матеріалу наведені в табл.2 і 3.

Таблиця 2

Результати лабораторних випробувань шихти, що містить всі компоненти в компактованому вигляді

Номер шихти	Вміст компонентів в шихті, мас. %					Ступінь відновлення оксидів металів %
	Оксиди легуючих елементів	Зв'язувальне	Вуглецевий відновник	Подрібнені леговані металеві відходи	Час металізації, ч	
Прототип	82	8	10	-	4,3	89-90
1	40,9	9,4	10,1	39,6	4,0	91-92
2	40,7	9,5	10,3	39,5	3,8	94-95
2а	53,0	7,7	8,2	31,1	3,75	95-96
2б	62,4	7,0	7,2	23,4	3,7	96-97
2в	72,0	6,3	5,7	16,0	3,7	96-97
2г	81,7	5,7	5,0	7,6	3,75	95-96
3	81,8	5,8	4,9	7,5	4,0	92-93

Лабораторні випробування шихти для отримання металізованого легуючого матеріалу дозволили виявити ряд переваг в порівнянні з прототипом:

1) істотно збільшити швидкість металізації шихти і, тим самим, скоротити час її відновлення з 4,3 до 3,7ч;

2) збільшити коефіцієнт теплопровідності шару шихти за рахунок перерозподілу подрібнених ле-

гованих металевих відходів між брикетами і вільним простором між ними і, тим самим, скоротити час її відновлення з 4,3 до 3,0ч;

3) збільшити ступінь відновлення легуючого металізованого матеріалу за рахунок створення однорідних по перерізу капсули умов для протікання відновних реакцій і повного відновлення окисленої поверхні подрібнених металевих відходів.

Таблиця 3

Результати лабораторних випробувань шихти, що містить оксиди легуючих елементів, вуглецевий відновник, зв'язувальне і частину кількості подрібнених легованих металевих відходів в компактованому вигляді

Номер шихти	Вміст подрібнених металевих відходів %		Час металізації, ч	Ступінь відновлення оксидів металів, %
Прототип	-	-	4,3	89-90
1	90,0	10,0	3,7	95-96
2	89,5	10,5	3,2	96-97
2а	75,0	25,0	3,1	96-98
2б	61,0	39,0	3,1	97-98
2в	47,0	53,0	3,0	97-98
2г	33,0	66,0	2,95	96-97
3	32,0	68,0	3,4	95-96

Сукупність відмітних ознак, що заявляється, забезпечує досягнення поставленої мети, а саме:

збільшення швидкості металізації шихти і ступеня відновлення оксидів металів.

