



УКРАЇНА

(19) UA (11) 84962 (13) C2  
(51) МПК  
C01B 31/04 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ ГРАФІТАЦІЇ ВУГЛЕЦЕВИХ ЗАГОТОВОК

1

(21) а200702545

(22) 12.03.2007

(24) 10.12.2008

(46) 10.12.2008, Бюл.№ 23, 2008 р.

(72) ПАНОВ ЄВГЕН МИКОЛАЙОВИЧ, UA, КУТУЗОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, УРАЗЛІНА ОЛЬГА ЮРІЇВНА, UA, ДЕРКАЧ ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ, UA, САСІН ОЛЕГ АРКАДІЙОВИЧ, UA, ШИЛОВИЧ ІГОР ЛЕОНІДОВИЧ, UA, ЛЕЛЕКА СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "УКРАЇНСЬКИЙ ГРАФІТ", UA

(56) JP 2000086223 A, 28.03.2000

UA 2911 U, 15.09.2004

UA 11636 U, 16.01.2006

UA 23422U, 25.05.2007

SU 929552 A1, 23.05.1982

2

SU 1395587 A1, 15.05.1988

SU 1411279 A1, 23.07.1988

JP 59064512 A, 12.04.1984

(57) Спосіб графітації вуглецевих заготовок, що включає формування з вуглецевих заготовок, теплоізолюючих та пересипних матеріалів керна в просторі печі опору та нагрівання заготовок з регульованою швидкістю у відповідності з регламентом підведення потужності, який відрізняється тим, що регламент підведення потужності визначають за допомогою чисельної моделі температурного поля печі з врахуванням вологості матеріалів та переміщення вологи в об'ємі печі так, щоб швидкість нагрівання заготовок не перевищувала граничних значень впродовж всієї кампанії графітації.

Винахід належить до способів графітації заготовок з вуглецевих матеріалів і може бути використаний при виробництві електродної продукції та інших графітованих виробів.

Графітація вуглецевих матеріалів відбувається в електричних печах при високих температурах (температура процесу графітації перевищує 2000°C) і є надзвичайно енергоємною. Енергетично виправданим є регламент, згідно якому процес графітації повинен бути керованим згідно з температурою заготовок, які графітуються. Однак, безпосереднє вимірювання високих температур для організації керування процесом - це надзвичайно складна задача, реалізація якої потребує значних матеріальних витрат і залучення додаткового кваліфікованого персоналу. Тому такий спосіб графітації в промислових умовах не використовується.

Найбільш близьким до пропонованого рішення є спосіб графітації вуглецевих заготовок [Соседов В.П., Чалых Е.Ф. Графитация углеродистых материалов. - М.: Металлургия, 1987. - С. 149-152], що включає формування з вуглецевих заготовок, теплоізолюючих та пересипочних матеріалів керна в просторі печі опору та нагрівання заготовок з регульованою швидкістю у відповідності з регламентом підведення потужності.

Відомо, що розподіл теплоти, яка виділяється при пропусканні електричного струму через kern,

відбувається в залежності від співвідношення мас матеріалів у робочому просторі печі, їхніх теплофізичних властивостей, швидкості нарощування потужності, яка підводиться і т. ін. Також відомо, що непродуктивні витрати теплоти тим менші, чим швидше відбувається розігрів керна печі. Фактором, який обмежує інтенсифікацію нагріву заготовок при графітації, є гранична швидкість зростання температури у заготовках, при якій неможливо термічне руйнування заготовок.

Теплофізичні властивості матеріалів, що використовуються в печі, відрізняються для різних кампаній графітації. Тому температурне поле печі опору при однаковій кількості підведеної енергії буде мати певні відмінності в різних кампаніях.

Відповідно до відомого способу, регламент підведення потужності для кожного типу заготовок визначають експериментально на основі тривалої практики. Цей спосіб передбачає деяку уповільнену швидкість нагрівання, яка унеможливує руйнування заготовок внаслідок температурних напружень за будь якого вмісту вологи в печі. Спосіб дозволяє отримати якісну кінцеву продукцію, але призводить до значних витрат електроенергії, оскільки не враховує дійсний температурний стан печі графітації.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення способу графітації вуглецевих заготовок,

(13) C2

(11) 84962

(19) UA

при якому використання інформації про температурний стан печі графітації дозволяє прискорити нагрівання заготовок і, тим самим, знизити енергоємність кампанії графітації при збереженні якості продукції.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі графітації вуглецевих заготовок, що включає формування з вуглецевих заготовок, теплоізолюючих та пересипочних матеріалів керна в просторі печі опору та нагрівання заготовок з регульованою швидкістю у відповідності з регламентом підведення потужності, згідно з пропонуваним винаходом новим є те, що регламент підведення потужності визначають за допомогою чисельної моделі температурного поля печі з врахуванням вологості матеріалів та переміщення вологи в об'ємі печі так, щоб швидкість нагрівання заготовок не перевищувала граничних значень впродовж всієї кампанії графітації.

Вдосконалення розробки регламенту підведення потужності у частині визначення швидкості нарощування потужності нагріву, оцінки температурного рівня процесу графітації заготовок може бути виконане за допомогою чисельної розрахункової моделі, яка б враховувала якнайбільше факторів впливу. Теплофізичні властивості матеріалів в температурному діапазоні роботи печі зазнають досить значних змін. На величину змін теплофізичних властивостей значний вплив має наявність вологи.

Відомо, що наявність вологи у теплоізолюючих та пересипочних матеріалах не дозволяє на протязі певного часу підвищувати температуру заготовок, викликає значні перепади температури вздовж осі заготовки і в кінцевому результаті робить

процес нагріву погано керованим і призводить до суттєвих витрат енергії. Однак, існує проблема врахування наявності вологи, яка полягає у тому, що пересипочні матеріали являють собою капілярну структуру, переміщення вологи в якій відбувається згідно до закономірностей термічного та концентраційного масопереносу. Власне механізм транспортування вологи забезпечується капілярними силами. Суть переносу полягає у тому, що волога випаровується із ізотермічної поверхні 100°C. У місці випаровування радіус кривизни капілярного меніску, з поверхні якого відбувається випаровування, зменшується і завдяки цьому зростає капілярний напір. Водяна пара переміщується у пористій структурі матеріалів до того місця в об'ємі печі, де існують умови для її конденсації. Конденсація водяної пари призводить до утворення області з підвищеною концентрацією вологи, з якої вона буде знову «підкачуватись» капілярними силами до місця випаровування, тобто на ізотермічну поверхню 100°C. Таким чином всередині печі існує замкнутий циркуляційний контур, який на протязі певного часу є найбільш впливовим фактором у формуванні температурного поля печі. Переміщення вологи в об'ємі печі під час кампанії графітації суттєво впливає на температурне поле, оскільки супроводжується інтенсивним теплопереносом. Тому вказане явище також повинне враховуватись при визначенні регламенту підведення

потужності печі опору, який включає графік погодинного нарощування потужності печі та питомі витрати електроенергії (кВт·год/т), необхідні для набуття електродними заготовками бажаного ступеня графітації.

Виявилось, що можливість врахування особливостей масопереносу вологи з'являється при визначенні регламенту за допомогою чисельної моделі температурного поля печі. Врахування особливостей масопереносу виконується за допомогою введення в модель ефективного коефіцієнта теплопровідності, який було визначено на базі розрахунку капілярного переносу в пересипочних матеріалах заданого гранулометричного складу, відсоткового вмісту вологи, експериментальних даних для конкретних умов нагрівання.

Врахування вологи призводить до збільшення у певному температурному діапазоні коефіцієнтів теплопровідності у декілька разів. Тому в чисельній моделі розроблена система критеріїв, отриманих на підставі експериментальних досліджень тепло - вологопереносу у насипних матеріалах, які враховують температурні залежності теплофізичних параметрів під час кампанії.

Граничні значення швидкості нагрівання в залежності від рівня температури визначаються експериментально, окремо для кожного типу заготовок. Чисельна модель температурного поля печі дозволяє визначити рівень температур в заготовках, що відповідає заданому регламенту підведення потужності для кожного часового інтервалу кампанії.

За допомогою чисельної моделі температурного поля печі на основі інформації про граничні значення швидкості нагрівання заготовок можна визначити регламент, що забезпечує для кожного часового інтервалу кампанії найбільшу швидкість нагрівання, при якій гарантується цілісність заготовок.

Таким чином, сукупність ознак, що заявляється, дозволяє знизити енергоємність способу графітації і зберегти при цьому високу якість графітованих заготовок.

Приклад способу графітації заготовок електродів великого діаметра.

Графітацію заготовок здійснюють традиційним шляхом, що включає формування з вуглецевих заготовок, теплоізолюючих та пересипочних матеріалів керна в просторі печі опору та нагрівання заготовок у відповідності з регламентом підведення потужності. Однак, новим є те, що регламент підведення потужності визначають за допомогою чисельної моделі температурного поля печі з врахуванням вологості матеріалів та переміщення вологи в об'ємі печі.

При цьому випалені заготовки електродів завантажують в піч відповідно до схеми укладки. Простір між заготовками заповнюють пересипкою з металургійного коксу, який відіграє роль основного елементу опору печі. Керн з усіх сторін оточують шаром теплоізоляційної шихти.

За довідковими даними визначають теплофізичні властивості заготовок, теплоізолюючих та пересипочних матеріалів, що використовуються в печі.

Відомо, що електродні заготовки великого діаметра (більше 450мм) до температури 1000°C можна нагрівати з максимальною швидкістю. В температурному діапазоні 1000...1700°C заготовки зазнають значних усадочних змін і швидкість розігріву слід понизити до 25град./год. При більш високих температурах утворення дефектів в заготовках малоімовірне і швидкість розігріву слід знову підвищити. За допомогою чисельної моделі температурного поля печі, яка враховує вологість матеріалів та переміщення вологи в об'ємі печі, шляхом порівняння з даними про граничні значення максимально можливої швидкості нагрівання заготовок, визначають енергетично найбільш доцільний регламент.

Отриманий регламент забезпечує максимальну швидкість нагрівання заготовок для кожного часового інтервалу при дотриманні умови, що швидкість не перевищує граничних значень впродовж всієї кампанії графітації, і гарантує цілісність заготовок.

Піч опору приєднують до електричної мережі і нагрівають заготовки з регульованою швидкістю у відповідності з визначеним регламентом підведення потужності.

Нагрівання заготовок припиняють, коли питомі витрати електроенергії досягають значення, вказаного в регламенті підведення потужності.

Пропонований винахід значно зменшить енерговитрати на кожну кампанію графітації порівняно з традиційним способом при збереженні якості продукції.

Спосіб, що заявляється, пройшов дослідно-промислове випробування на ВАТ «Укрграфіт» і показав, що при графітації заготовок електродів Ø 610мм витрати електроенергії на одну кампанію знизилась ~ на 4,6%, а для заготовок електродів Ø 300мм ~ на 4,0% при збереженні їх високої якості. Крім того, удосконалений регламент дозволить скоротити тривалість кампанії графітації на окремій печі, що дасть змогу провести на ній ще одну додаткову кампанію протягом року.