

Пропонований винахід відноситься до області металургії, зокрема обладнання для плавки і лиття металів у вакуумі з використанням електронно-променевого та індукційного нагріву.

Відомі керамічні тиглі для плавки металів у вакуумі, нагрів в яких здійснюється індуктором, що охоплює тигель по його зовнішній поверхні [1, 2]. Недоліком таких конструкцій є те, що взаємодія розплаву з матеріалом футеровки призводить до забруднення металу частинками цієї футеровки та обмежений ресурс роботи керамічного тигля. Слід зазначити, що вказані недоліки особливо даються взнаки на заключних етапах плавки та під час зливу розплаву.

Відомі також гарнісажні (водоохолоджувані металеві) тиглі, що використовують як при індукційному нагріві [3], так і при використанні концентрованих джерел енергії, в тому числі електронного променю. В останньому випадку водоохолоджувані тиглі, як правило, оснащені системами електромагнітного перемішування розплаву [4]. Недоліком використання таких тиглів є суттєві питомі витрати електроенергії при плавці.

Найбільш близьким до пропонованого винаходу є тигель вакуумної плавильної печі [5], особливість якого полягає в тому, що його нижня частина виконана з кераміки, а верхня являє собою металеве кільце з жаростійкої сталі, наявність якого збільшує стійкість тигля та підвищує якість виплавленого металу. Для попередження налипання металу під час зливу металеве кільце попередньо піддається відповідній термічній обробці. Недоліком вищезгаданої конструкції є те, що у випадку використання сумісного індукційного і електронно-променевого нагріву можливе попадання електронного променю на це кільце і керамічну частину тигля, що призведе до руйнування керамічної частини тигля та забруднення металу. Крім того, наявність металевих кілець знижує інтенсивність перемішування розплаву внаслідок екрануючого ефекту.

Метою пропонованого винаходу є інтенсифікація перемішування розплаву та збільшення ресурсу роботи тигля, завдяки керамічній частині тигля.

Поставлена мета досягається тим, що в тиглі для плавки металів у вакуумі методом сумісного індукційного і електронно-променевого нагріву, що включає керамічну ємність з металевим кільцем в її верхній частині і індуктор, що охоплює цю ємність з її зовнішнього боку, згідно з винаходом, металеве водоохолоджувальне кільце виконується з наскрізними розрізами по твірній і навколо нього розміщена система електромагнітного перемішування розплаву. Крім того, металеве кільце виконано водоохолоджуваним.

Суть винаходу пояснюється кресленням (див. Фіг.). Керамічна частина тигля 1 зі сторони зовнішньої поверхні охоплена індуктором 2. У верхній частині до тигля 1 примикає металеве кільце 3, виконане водоохолоджуваним (отвори 4 для потоку охолоджуючої рідини). Зі сторони зовнішньої поверхні кільце 3 охоплене системою електромагнітного перемішування, що складається з катушок 5, магнітопроводів 6 та стягуючих фланців 7, виготовлених з немагнітного матеріалу. В нижній частині тигель має ще один стягуючий фланець 8, котрий разом з фланцем 7 забезпечує необхідну жорсткість кріплення конструкції з допомогою шпильок. Для зручності монтажу тигель встановлено на фланці 9.

Тигель працює таким чином. Після завантаження шихтових матеріалів в тигель та створення в плавильній камері необхідного вакууму включають індуктор 2 та здійснюють розплавлення шихти. Після наведення в тиглі ванни рідкого металу потужність індукційного нагріву знижують одночасно з включенням електронного променю 11 та системи електромагнітного перемішування 5. Наявність в металевому кільці 3 поздовжніх прорізів попереджує наведення струмів Фуко, що гарантує перемішування розплаву в тиглі.

Водночас магнітні поля, що наводяться системою електромагнітного перемішування, втримують електронний промінь 11 по центру тигля. Потужність електромагнітного перемішування вибирають згідно з режимом плавки і обробки розплаву. Сумісну індукційну та електронно-променеву обробку розплаву продовжують до досягнення ним потрібної температури, після чого зливають розплавлений метал шляхом повороту плавильного тигля.

Пропонована конструкція тигля дозволяє знизити питомі витрати електроенергії до 1,1-1,3 кВт·год/кг, скоротити час плавки до 8 хвилин при плавці мірної заготовки та підняти інтегральну температуру до 1900°C. Інтенсивне перемішування рідкого металу при включеному електронно-променевому нагріві зменшує витрати на випарювання до рівня вакуумно-індукційної технології 0,5-3,0%.

Джерела інформації

1. Тир Л.П., Фомин Н.И. Современные методы индукционной плавки. - М.: Энергия, 1975. - 110с.
2. Линчевский Б.В. Вакуумная индукционная плавка. - М: Металлургия, 1975. - 240с.
3. Тир Л.Л., Губченко А.П. Индукционные плавильные печи для процессов повышенной точности и чистоты. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 120с.
4. А.с. 171874 СССР, МКИ С21с, 5/52 Тигель вакуумной плавильной печи / В.И. Сауков, Б.С. Уткин. - Опубл. бюл. №12, 1965, 22.06.65.
5. Анікін Ю.П. Удосконалення технології та устаткування для електронно-променевої плавки та лиття жароміцних нікелевих сплавів: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Київ, 1998. - 19с.

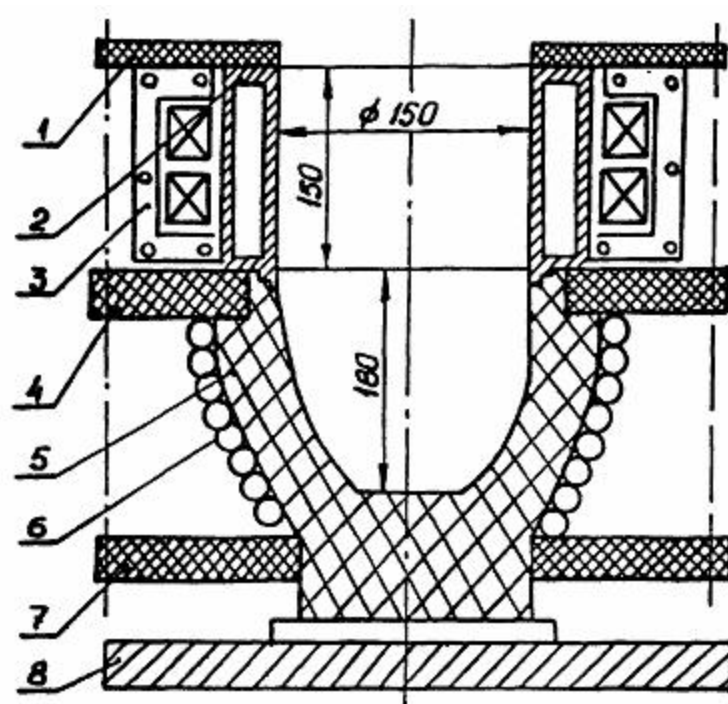


Fig.