

УДК 621.762

Терновий Юрій Федорович, завідувач кафедри, доктор технічних наук
Воденніков Сергій Анатолійович перший проректор, доктор технічних наук
Панова Віра Олегівна, асистент

ОДЕРЖАННЯ ПОРОШКІВ ЗБІЛЬШЕНОЇ ПЛИННОСТІ РОЗПИЛЕННЯМ РОЗПЛАВІВ МЕТАЛУ ВОДОЮ ВИСОКОГО ТИСКУ В УМОВАХ ПОДВІЙНОГО ПОВІТРЯНО-ВОДЯНОГО СМЕРЧУ

Повідомлення 1. Експериментальні дослідження впливу водяного смерчу на струмінь розплаву металу

Запорізька державна інженерна академія

Розглянуто спосіб розпилення розплавів металу водою високого тиску в умовах подвійного повітряно-водяного смерчу. Спосіб забезпечує одержання порошку із збільшеною плинністю та насипною щільністю.

Ключеві слова: розплав, порошок, розпилення, форсунка, вода високого тиску

Вступ. Процес розпилення розплавів водою є поширеною технологією одержання металевих порошоків на основі заліза та його сплавів, а також кобальту, міді і благородних металів. Головними перевагами такого способу є відносно низькі виробничі витрати та можливість регулювання мікроструктури й форми частинок шляхом змінювання режиму розпилення.

Порошки, що одержують розпиленням розплавів металу водою високого тиску, мають високу дисперсність і, як правило, неправильну форму частинок [1,2]. Це сприяє доброму формуванню порошоків і знаходить застосування під час виготовлення деталей методами порошкової металургії. З іншого боку, іноді виникає потреба одержувати порошки тих же матеріалів, але з підвищеною плинністю та насипною щільністю, тобто порошоків зі сферичною (або наближеною до сферичної) формою частинок, а також обмеженим розкидом фракцій.

Наприклад, під час виготовлення зварювальних електродів для їхньої обмазки використовують порошки феромарганцю та легуючих додавань, що вміщують титан, кремній, молібден, нікель, які додають до обмазувальної маси у вигляді молотих порошоків феросплавів. Одержання порошоків механічним подрібненням, окрім підвищеної пожежо- та вибухонебезпечності [3], призводить до значних незворотних втрат вихідних матеріалів з некондиційним пилом (втрати середньовуглецевого феромарганцю досягають 20 %). В процесі виготовлення електродів використання таких порошоків призводить до спучування обмазувальної маси через газовиділення під час взаємодії активних порошоків з рідким склом, а також до низької пластичної міцності обмазувальної маси. Вирішенням зазначених

проблем є одержання пасивованих порошоків розпиленням розплаву феромарганцю водою [4] або газом [5]. Одночасно, недоліком розпилення газом є запиленість відпрацьованого газу (до 10...20 г/м³) та надмірне окислення порошку під час розпилення повітрям. З такої точки зору розпилення водою є більш прийнятним способом одержання порошоків феросплавів (або комплексних лігатур).

Постановка завдання. Перспективною схемою одержання порошоків феросплавів (і не тільки) може стати технологія розпилення розплаву металу водою високого тиску, але для одержання порошоків з високою плинністю та насипною щільністю потрібно удосконалити процес як у конструктивному, так і технологічному плані.

Методика експериментів. Дослідження технологічних режимів одержання порошоків середньовуглецевого феромарганцю виконували на дослідній лінії ДП «УкрНДІспецсталь» з виробництва водно-розпиленних порошоків. Лінія складається з установки водяного розпилення УВР-1 з індукційною піччю МГП-52 (ємність тигля – 30 кг), пристрою для зневоднення пульпи, вакуумного сушильного барабану, вібраційного сита та пневмогідроакумулятора.

Установка розпилення (рис. 1) вміщує металоприймач, вузол розпилення, камеру розпилення, камеру відстійника та порошокоприймач. Металоприймач здійснює подавання каліброваного струменю розплаву металу до зони дії водяної форсунки. Його футерівка є шамотною, а металопровід виконано з кварцового скла. Вузол розпилення складається з гідравлічної форсунки високого тиску кільцевого типу та всмоктувальної труби з вбудованою форсункою низького тиску. Камера розпилення служить для приймання й охолодження розпиленого порошку, камера-

відстійник – для відстоювання та збирання одержаного порошку. Під час виконання експериментів використовували різні варіанти насадок форсунки, які забезпечували різну питому витрату води та кут атаки за прямоочним розпиленням, а також нову конструкцію насадок, що дозволяє здійснювати експерименти щодо розпилення у полому водяному смерчі [6]. Одержаний порошок із порошкоприймача спрямовували на сушіння до вакуумного сушильного барабану, після чого розсіювали на ситі.

Аналіз гранулометричного складу порошку виконували ситовим методом згідно ГОСТ 18318-73, насипної щільності – згідно ГОСТ 19440-74, плинності – згідно ГОСТ 20899-75. Форму розпиленних частинок вивчали за допомогою оптичного стереомікроскопа «*TEXNIVAL*» і сканувального електронного мікроскопа «*Stereoscan S-4*».

Розпилення здійснювали шляхом подавання розплаву металу заданого хімічного складу з печі, через металоприймач і його донний зливний патрубок з каліброваним отвором, до зони дії водяної форсунки. Для оптимізації фізичних (гранулометричний склад, форма частинок) і технологічних (плинність, насипна щільність) властивостей порошку варіювали геометричні параметри форсунки, тиск води, витрату розплаву та води.

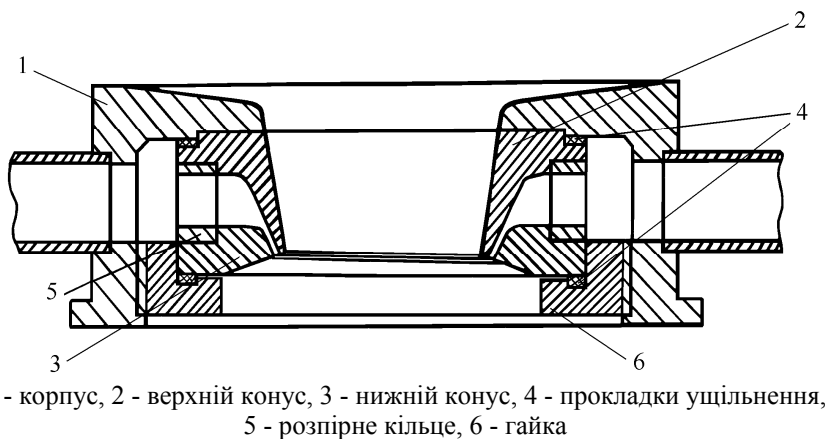
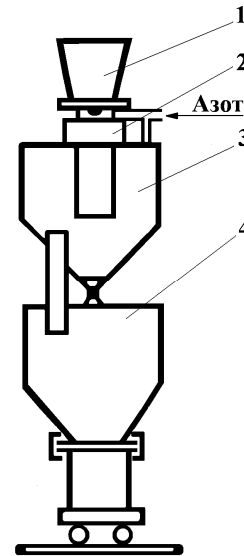


Рисунок 2 – Схема гідралічної форсунки [7]

Результати й обговорення. В ході досліджень було виконано серію плавок середньовуглецевого феромарганцю ФМн1,0. Результати експериментів показали, що змінювання витрати рідкого металу не впливає на насипну щільність порошку та форму частинок. Температури розплаву, які виключають його часткове та повне заморожування у металоприймачеві, також не впливають на технологічні властивості порошків.



1 - металоприймач, 2 - вузол розпилення, 3 - камера розпилення, 4 - камера-відстійник, 5 - порошкоприймач

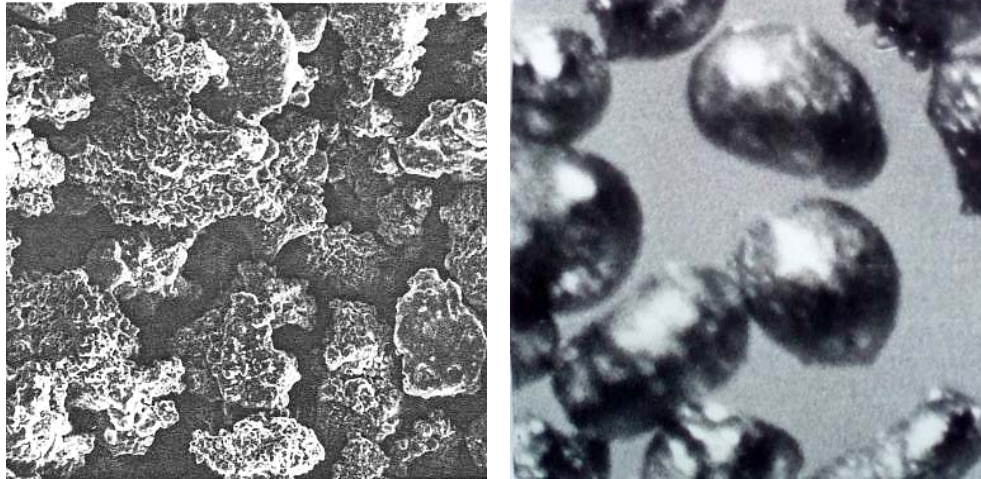
Рисунок 1 – Схема установки розпилення [8]

Відпрацювання технології розпилення виконували на форсунці кільцевого типу, що є аналогом форсунки «*Mannesmann AG*» [7]. Схему зміненої гідравлічної форсунки кільцевого типу, яка вперше забезпечила розпилення у полому водяному смерчі, подано на рис. 2.

Порошок феромарганцю, одержаний розпиленням на звичайних моноструменевих форсунках, має частинки неправильної коралоподібної форми, що характерно для порошку, що розпилено водою (рис. 3а). Використання форсунки, яка генерує двошаровий смерч, дозволило одержати частинки порошку округлої форми (рис. 3б) та «губчасті» малорозгалужені частинки з більш високою насипною щільністю і плинністю із зниженням виходу мілких фракцій і додатковим пасивуванням поверхні частинок.

На рис. 4 наведено схему диспергування розплаву металу за допомогою зміненої форсунки. Потік води високої швидкості, що витікає з кільцевої щілини, створює конічну водяну плівку, яка стовщується по мері руху до вершини конуса (фокусу розпилення). Геометричні параметри водяної плівки залежать від кута атаки,

швидкості витікання води, ширини та діаметра кільцевого зазору сопла. Порожниста водяна воронка, яка обертається з великою швидкістю, ініціює обертання газового стовпа в її порожнині, призводячи до утворення двошарового смерчу.



а

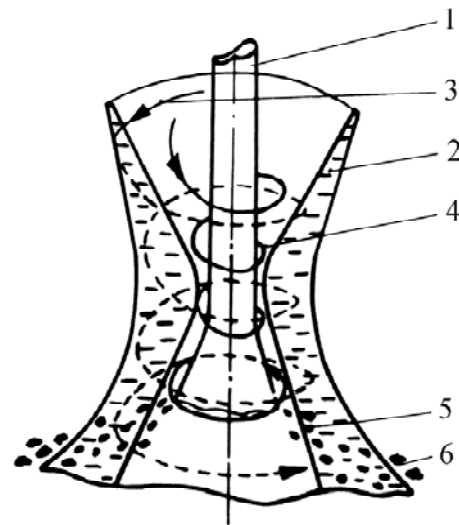
б

Рисунок 3 – Форма частинок порошку залежно від типу форсунки (пояснення у тексті)

На рис. 4 наведено схему диспергування розплаву металу за допомогою зміненої форсунки. Потік води високої швидкості, що витікає з кільцевої щілини, створює конічну водяну плівку, яка стовщується по мері руху до вершини конуса (фокусу розпилення). Геометричні параметри водяної плівки залежать від кута атаки, швидкості витікання води, ширини та діаметра кільцевого зазору сопла. Порожниста водяна воронка, яка обертається з великою швидкістю, ініціює обертання газового стовпа в її порожнині, призводячи до утворення двошарового смерчу.

Розпилення розплаву відбувається за поданням вертикального струменю уздовж осі водяного конуса до фокусу розпилення за рахунок динамічної дії водяного потоку через парову плівку, що створено у місцях первинного контакту [1,8]. Практика показує, що формоутворення та кристалізація розпиленних частинок відбувається поблизу фокусу розпилення, що пов'язано з високою швидкістю охолодження розпиленних крапель (порядку $10^4 \dots 10^5$ K/c). Як результат, розпилення здійснюється у дві стадії: спочатку за допомогою обертального повітряного потоку, а потім – обертального водяного потоку.

Перевагою використання такої форсунки перед кільцевою моноструменевою форсункою є



1 - струмінь розплаву, 2 - водяний потік з обертально-поступовим рухом, 3 - спіральні лінії току води, 4 - спіральні лінії току водяного смерчу, що генерують, 5 - краплі розплаву, 6 - розпилені частинки порошку

Рисунок 4 – Схема диспергування струменю розплаву обертаним водяним потоком [6]

різке зменшення шуму під час водяного розпилення, що зумовлено виключенням взаємного зіткнення водяних потоків за генеруванням порожнистого водяного смерчу. Порошок, одержаний розпиленням за допомогою такої форсунки, характеризується збільшенням у 1,6...1,8 разів

насыпной швидкості, підвищенням плинності й одержанням частинок переважно круглої форми. Одночасно збільшується до 95 % вихід придатних фракцій порошку.

Результати досліджень зварювально-технологічних властивостей порошку феромарганцю, одержаного за описаною технологією, показали наступні позитивні властивості матеріалу: зниження у 10...30 разів газовиділення під час виготовлення обмазувальної маси, що виключає її спучування за виготовленням електродів, підвищення пластичності покриття електродів за використанням порошку феромарганцю, підвищення у 1,3...2,0 разів ударної в'язкості зварного шва за температур нижче нуля за рахунок введення розпиленого феромарганцю.

Висновки. Виконано експериментальну перевірку можливості покращення якісних характеристик порошків феромарганцю, які викорис-

товують для покриття зварювальних електродів, одержаних розпиленням розплаву водою високого тиску.

Використання форсунки, яка генерує подвійний повітряно-водяний смерч, дозволяє одержувати порошки, що мають властивості, відмінні від порошків, одержаних за допомогою звичайних форсунок. Такі порошки характеризуються більшими плинністю та насыпною щільністю. Істотною перевагою технології є збільшення виходу придатного порошку та його одержання у пасивованому вигляді.

Зазначений спосіб може бути вельми перспективним для одержання сферичних порошків із зберіганням переваг водяного розпилення. Потребує подальших теоретичних та експериментальних досліджень вплив параметрів розпилення на якість і властивості порошків, що розпилюють водою новими методами.

Бібліографічний список

1. **Ничипоренко, О. С.** Распыленные металлические порошки [Текст] / О. С. Ничипоренко, Ю. И. Найда, Л. Б. Медведовский. – Киев : Наукова думка, 1980. – 237 с.
2. **Либенсон, Г. А.** Процессы порошковой металлургии. Том 1. Производство металлических порошков [Текст]: учебник / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. – М. : МИСИС, 2001. – 368 с.
3. **Недин, В. В.** Взрывоопасность металлических порошков : Монография [Текст] / В. В. Недин, О. Д. Нейков, А. Г. Алексеев, В. А. Кривцов. – Киев : Наукова думка, 1971. – 140 с.
4. **Гаммерсон, П. У.** Распыление металлов водой высокого давления [Текст] / П. У. Гаммерсон // Порошковая металлургия материалов специального назначения : Темат. отрасл. сборник. – М. : Металлургия, 1977. – С. 25-47.
5. **Орлов, Ю. Г.** Экспресс-информация [Текст] / Ю. Г. Орлов. – Ин-т Черметинформация. – М., 1975. Сер. 28. – Вып. 6. – С. 16.
6. **А.с. 1603649 СССР. А1 В22 F9/08.** Способ получения пассивированного порошка среднеуглеродистого ферромарганца [Текст] / Заявитель УкрНИИспецсталь / Ю. Ф. Терновой, В. И. Билан, А. П. Александров / Заявл. 27.10.88, опубл.
7. **Патент 1151197 ФРГ В 22 F 9/08.** Способ производства железного порошка для прессования изделий и устройство для его осуществления [Текст] / Заявитель «Маннесманн АГ» / Д. Бернхардт, Н. Даутценберг, Р. Луммер, Г. Хубер. Заявл. 14.02.78, опубл. 6.02.1979.
8. **Терновой, Ю. Ф.** Инженерные расчеты технологических процессов распыления расплавленных металлов: Монография [Текст] / Ю. Ф. Терновой, С. С. Кудиевский, Н. Н. Пашетнева. – Запорожье : РИО ЗГИА, 2005. – 149 с.

Терновой Юрий Федорович, доктор технических наук, заведующий кафедрой металлургии, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: E-mail: ferrous.metals@ukr.net

Воденников Сергей Анатолієвич, доктор технических наук, первый проректор, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: s_vodennikov@i.ua

Панова Вера Олеговна, ассистент кафедры металлургии, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: vera_ferra@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ПОВЫШЕННОЙ ТЕКУЧЕСТИ РАСПЫЛЕНИЕМ РАСПЛАВОВ ВОДОЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДВОЙНОГО ВОЗДУШНО-ВОДЯНОГО СМЕРЧА

Рассмотрен способ распыления расплавов водой высокого давления в условиях двойного воздушно-водяного смерча. Способ обеспечивает получение порошка с повышенной текучестью и насыпной плотностью.

Ключеві слова: расплав, порошок, розпилення, форсунка, вода високого тиску

Ternovuy Yuri, Doctor of Technical Sciences, Head of the Metallurgy Department, Zaporizhzhia State Engineering Academy (Zaporizhzhia, Ukraine). E-mail: ferrous.metals@ukr.net

Vodennikov Sergiy, Doctor of Technical Sciences, first pro-rector, Zaporizhzhia State Engineering Academy (Zaporizhzhia, Ukraine). E-mail: s_vodennikov@i.ua

Panova Vera, assistant of the Metallurgy Department, Zaporizhzhia State Engineering Academy (Zaporizhzhia, Ukraine). E-mail: vera_ferra@mail.ru

**PRODUCTION OF POWDERS WITH IMPROVED FLUODITY BY HIGH-PRESSURED WATER
ATOMIZATION OF MELTS UNDER CONDITIONS OF DUAL AIR-WATER SPOUT**

The method of high-pressured water atomization of melts under conditions of dual air-water spout is considered. The method affords the production of power with improved fluidity and bulk density.

Key words; powder, melt, atomization, atomizer, high-pressured water

Стаття надійшла до редакції 10.09.2018 р.
Рецензент, проф. В.О. Скачков

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука
<http://www.zgia.zp.ua>