



ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2025/0557.2

(22) 09.04.2025

(45) 25.07.2025, бюл. №30

(72) Прокопьев Сергей Леонидович (KZ); Балтабаев Сунгат Русланович (KZ); Литвинчук Сергей Николаевич (KZ); Леднев Михаил Сергеевич (UA); Перекопский Сергей Анатольевич (UA); Миняйло Наталья Александровна (UA); Татаренков Александр Олегович (UA)

(73) Литвинчук Сергей Николаевич (KZ)

(56) SU 706184 A1, 30.12.1979

(54) СПОСОБ РАЗЛИВКИ ФЕРРОСПЛАВОВ НА МАШИНАХ КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА

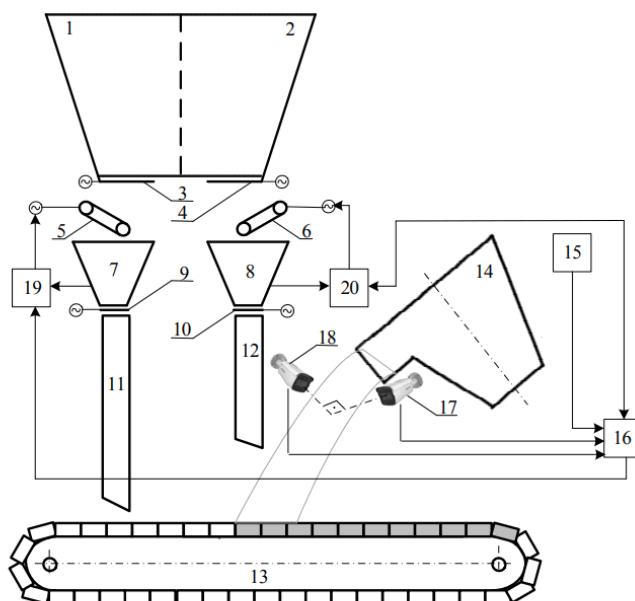
(57) Полезная модель относится к черной металлургии, в частности к способу разливки ферросплавов на машинах конвейерного типа, и может быть использована при получении слитков любых марок высокоуглеродистого и передельного феррохрома.

Способ включает введение в расплав путем порционного дозирования в изложницы отходов

фракционирования феррохрома с размером фракций 0-10 мм. При этом количество подаваемого отхода фракционирования феррохрома рассчитывается на основании параметров струи расплава металла, количества введенного в струю раскислителя в виде гранул алюминия и изменения температуры сплава в процессе разливки.

Загруженное в каждую изложницу количество отхода фракционирования феррохрома полностью растворяется в расплаве и равномерно перемешивается в изложнице не изменяя структуры слитка, его товарного вида и качества отделения продукта разливки от изложницы.

Предлагаемый способ позволяет снизить количество получаемой фракции 0-10 мм после дробления феррохрома не ниже чем на 1% за счет ее возврата в производство путем автоматизированной порционной подачи в поток жидкого феррохрома на изложницы при разливке на разливочной машине.



Фиг. 1

Полезная модель относится к черной металлургии, в частности к разливке ферросплавов на машинах конвейерного типа и может быть использована при получении слитков высокоуглеродистого и передельного феррохрома любых марок.

Фракция ферросплавов размером менее 10 мм является отсевом и может составлять свыше 30% в объеме полученного товарного ферросплава. Отсевы ферросплавов фракцией 0-10 мм в производственных условиях, как правило, являются отходами и накапливаются на складах или полигонах, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды.

Известен способ переработки отсевов фракционирования ферросплавов и мелких металлоотходов [Патент на полезную модель Украины №42861, опублик. 27.07.2009, бюл. №14. URL: <https://base.uipv.org/searchINV/getdocument.php?claimnumber=u200901497&doctype=ou>], согласно которому отсеvy фракционирования ферросплавов (0,001 – 15мм) загружают в технологическую емкость в количестве, зависящим от температуры плавления ферросплава и температуры жидкого расплава ферросплава, но не более 20% от массы полученного сплава. При этом технологическую емкость подогревают до 100°C.

К недостаткам известного способа следует отнести необходимость подогрева металлургического ковша, а также отстаивание его перед подачей на разливочную машину, что требует дополнительных энергетических и временных затрат.

Известен способ разливы ферросплавов на различных машинах конвейерного типа [Авторское свидетельство СССР № 706184А1, опублик. 30.12.1979,], в котором в процессе разливы твердые металлические частицы вводят в струю разливаемого металла и дополнительно на дно изложниц в весовом соотношении последних к вводимым в струю разливаемого металла (0,01-0,1):1.

Известный способ принят за ближайший аналог заявляемой полезной модели.

Известный способ имеет следующие недостатки.

В процессе производства ферросплавов температура на этапе выпуска металла может отличаться в зависимости от вида и марки ферросплава, соответственно количество твердых частиц, которые вводят в струю и полностью могут раствориться в заданном объеме будет зависеть не только от температуры, но и от параметров струи, сечение которой меняется в процессе выпуска. Способ также не предполагает автоматического изменения соотношения масс вводимых твердых частиц в струю и в изложницу в процессе разливы металла.

Задачей, на решение которой направлена заявляемая полезная модель, является уменьшение количества отхода фракционирования феррохрома в процессе производства ферросплава.

Поставленная цель решается тем, что в способе разливы ферросплавов на машинах конвейерного типа, включающем введение твердых металлических частиц в струю расплава и

получение отливки, предлагается в качестве твердых материалов вводить раскислитель в виде гранул алюминия и отход фракционирования феррохрома, которые добавляют в виде фракции 0-10 мм и вводят в расплав путем порционного дозирования в изложницы, при этом массу отхода фракционирования феррохрома для каждой изложницы рассчитывают на основании параметров струи расплава металла, количества введенных твердых частиц алюминия в струю и изменения температуры сплава в процессе разливы.

Способ осуществляется следующим образом. В процессе разливы ферросплава на конвейерной машине подача металла из ковша осуществляется непрерывно. Истечение металла при плавном изменении угла наклона ковша в процессе разливы может иметь пульсирующий характер, поэтому сечение струи по форме будет ближе к эллипсу. Для измерения площади сечения струи ($S_{стр}$) применяют косвенный метод, который основывается на дистанционном измерении длины двух осей (а, b) и математическом расчете согласно формуле:

$$S_{стр} = \pi * a * b$$

По данным сечения струи и в зависимости от марки сплава выполняется расчет массы расплава (m_c) в конкретный момент времени:

$$m_c = S_{стр} * l_{стр} * k_{стр} * \rho_c \quad (1)$$

где $l_{стр}$ – высота установки ковша над разливочной машиной; $k_{стр}$ – коэффициент, учитывающий кривизну струи (1-1,5); ρ_c – плотность сплава.

На этапе разливы сплава в струю вводят твердые частицы раскислителя для доведения ферросплава до заданного химического состава. При этом, на основе законов стехиометрии и с учетом температуры расплава, рассчитывают необходимую массу раскислителей, которая способна полностью расплавиться в объеме металла. Для повышения эффективности данного процесса и придания ферросплаву жидкоподвижности на выпуске его перегревают на 50-100°C.

Количество отхода фракционирования феррохрома, которое вводят в изложницы рассчитывают на основании теплового и материального балансов:

$$Q_{c2} = Q_{c1} - \sum Q_{о.ф.} - \sum Q_{п.} \quad (2)$$

$$m_{c2} = m_{c1} + m_{о.ф.} \quad (3)$$

где Q_{c2} – количество теплоты в ферросплаве в объеме изложницы, Q_{c1} – количество теплоты в объеме ферросплава после добавления раскислителя и перед подачей в изложницу, $\sum Q_{о.ф.}$ – суммарные тепловые расходы, необходимые на нагрев и плавление отхода фракционирования в изложнице, $\sum Q_{п.}$ – суммарные потери тепла на этапе подачи сплава в изложницу разливочной машины, m_{c2} – масса готового ферросплава в одной изложнице, m_{c1} – масса ферросплава для одной изложницы после

введения раскислителя, $m_{o.ф.}$ – масса отхода фракционирования для одной изложницы.

Способ был реализован на установке, приведенной на фиг.1 содержащей приемные бункеры для загрузки отхода фракционирования феррохрома 1 и алюминия 2; затворы 3, 4 и вибропитатели 5, 6, расположенные под приемными бункерами; дозаторы дискретного действия для формирования порций отхода фракционирования 7 и алюминия 8; затворы под дозаторами 9, 10, для управления процессом выгрузки материалов из дозаторов по трубоотчкам 11, 12; изложницы разливочной машины конвейерного типа 13 и разливочный ковш 14 со сплавом, подготовленный к разливке; датчик температуры металла, установленный в рудотермической печи 15, управляющая вычислительная машина 16; две видеокамеры 17 и 18, установленные под разливочным ковшом под углом 90° одна относительно другой; весоизмерители отхода фракционирования 19 и алюминия 20, расположенные возле дозаторов.

С помощью камер 17 и 18 выполнялась видеосъемка процесса разливки металла из ковша. С помощью алгоритмов обработки информации с видеопотоков на управляющей вычислительной машине (УВМ) 16 определялась длина двух осей сечения струи во время разливки (а, б). По данным сечения струи и в зависимости от марки сплава выполнялся расчет с прогнозированием массы расплава (m_c) в струе (формула 1).

Исходя из массы металла, в соответствии с заданной маркой получаемого ферросплава, рассчитывалось необходимое количество раскислителя и формировалось задание для весоизмерителя 20. С помощью вибропитателя 6, дозатора 8 и затвора 10 выполнялось его дозирование и подача через трубоотчку 12 в струю металла, обеспечивая необходимую высоту падения твердых частиц для преодоления сил поверхностного натяжения сплава.

Учитывая температуру металла с помощью датчика 15 на выпуске из печи и массы поданного в струю твердого раскислителя, на УВМ 16 прогнозировалось изменение температуры ферросплава. На основании спрогнозированной температуры (согласно уравнениям 2 и 3) выполнялся расчет массы отхода фракционирования феррохрома ($m_{o.ф.}$), для подачи в сплав для полного ее вовлечения и растворения в объеме одной изложницы.

Рассчитанное значение массы отхода фракционирования феррохрома в качестве задания передавалось на весоизмеритель 19. С помощью затвора 3 под бункером 1, вибропитателя 5 и дозатора 7 формировалась порция отхода фракционирования феррохрома и при открытии затвора 9 осуществлялась подача его через трубоотчку 11 в изложницы на конвейерной машине 13.

Способ был проверен в условиях плавильного цеха Аксуского завода ферросплавов – филиала АО «ТНК «Казхром» на разливочной машине

конвейерного типа при разливке феррохрома марок ФХ800, ФХ850, ФХ900.

Произведена настройка системы автоматической подачи раскислителя в виде гранул алюминия и отхода фракционирования феррохрома фракцией 0-10 мм одновременно. Для этого бункер подачи алюминия был разделен на две секции. В первую секцию был загружен алюминий в гранулах массой от 5-15 г, во вторую – отход фракционирования феррохрома с размером частиц 0-10 мм. Дозирование материалов осуществлялось порционно на отдельных дозаторах согласно расчетам 350-405 грамм феррохрома на 1 небольшую изложницу (мульду), алюминий – 1,5-1,6 кг/т. Транспортное запаздывание по подаче твердых частиц раскислителя и отхода фракционирования в расплав относительно формирования управляющего воздействия составило 6-10 с.

Выплавку феррохрома на печах типа РКЗ-33М2 вели в штатном режиме, без перегрева расплава. Для восстановления хрома, получения металла заданного состава и нагрева металла до температур, обеспечивающих условия окисления карбидов в рудном слое и выпуска продуктов плавки, температуру шлаков поддерживали на $90-100^\circ\text{C}$ выше относительно температуры плавления феррохрома ($1600-1620^\circ\text{C}$).

Конвейерные ленты с мульдами были полностью очищены от металла. Разлив ферросплавов на разливочной машине проводился в штатном режиме в течении 15-25 минут при скорости движения ленты 0,2 м/с, без изменения технологии с одновременной подачей алюминия и отхода фракционирования феррохрома той же марки, что и разливаемый сплав в автоматическом режиме. При этом алюминий вводился в струю металла в процессе разливки с высоты 1,5 м, по средству весовых дозаторов модуля. Отход фракционирования феррохрома вводился под струю разливаемого металла на дно мульды. При этом были проведены опытно-промышленные испытания (ОПИ) сначала в ручном, а далее в автоматическом режиме.

После разливки металла по набору коробов с ферросплавами создавались отдельные партии с фиксацией номеров коробов, веса партии и химического анализа ферросплава перед дроблением (рассевом) и передавались на фракционирование по схеме рассев и додрабывание с контролем выхода всех фракций.

По окончании первичного рассева партии производилось взвешивание всех продуктов фракционирования феррохрома: фракции 0-10 мм, 10-50 мм, 10-80 мм, 10-150мм, более 50 мм, более 80 мм. Определялся процент выхода каждой фракции. Далее производилось додрабывание надрешетного продукта фракции более 50 мм, более 80 мм. По окончании дробления надрешетной фракции производилось взвешивание всех продуктов дробления: фракции 0-10 мм, 10-50 мм, 10-80 мм, 10-150мм, более 50 мм, более 80 мм. Определялся процент выхода каждой фракции.

Расчет общего средневзвешенного выхода фракции 0-10 мм, 10-50мм, 10-80 мм, 10-150мм, более 50 мм, более 80 мм производился по итогам 2-х стадий дробления. Остаток надрешеточной фракции составлял 2-3%.

Результаты ОПИ предложенного способа подготовки и отсева высокоуглеродистого феррохрома для подачи его при разливке сплава представлены в таблицах 1-2.

Таблица 1

Результаты промышленного эксперимента.
 Параметры плавки высокоуглеродистого феррохрома

Пример, номер плавки	Марка сплава	Количество слитков, шт	Дозировка отхода фракционирования феррохрома за плавку, т	Вес плавки, т
1500	ФХ950	96	0,038	5,86
1499	ФХ950	215	0,086	13,12
1498	ФХ950	302	0,121	18,42
1497	ФХ900	326	0,13	19,89
1496	ФХ900	224	0,09	13,66
1492	ФХ950	144	0,058	8,78
1491	ФХ950	253	0,101	15,43
1490	ФХ850	304	0,122	18,54
1489	ФХ850	194	0,078	11,83
1488	ФХ900	257	0,103	15,68
1487	ФХ850	203	0,081	12,38
1483	ФХ850	250	0,1	15,25
1482	ФХ900	262	0,105	15,98
1481	ФХ900	254	0,102	15,49
1480	ФХ800	172	0,069	10,49
1475	ФХ900	232	0,093	14,15
1474	ФХ900	276	0,11	16,84
1473	ФХ800	384	0,154	23,42
1472	ФХ850	328	0,131	20,01
1471	ФХ850	192	0,077	11,71
1470	ФХ850	157	0,063	9,58
1469	ФХ950	190	0,076	11,59
1468	ФХ950	198	0,079	12,08
1467	ФХ950	230	0,092	14,03

Таблица 2

Результаты промышленного эксперимента.
 Параметры дозирования отхода фракционирования феррохрома

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
Минимальное количество подачи отхода фракционирования феррохрома (0-10 мм) на плавку	т	0,04

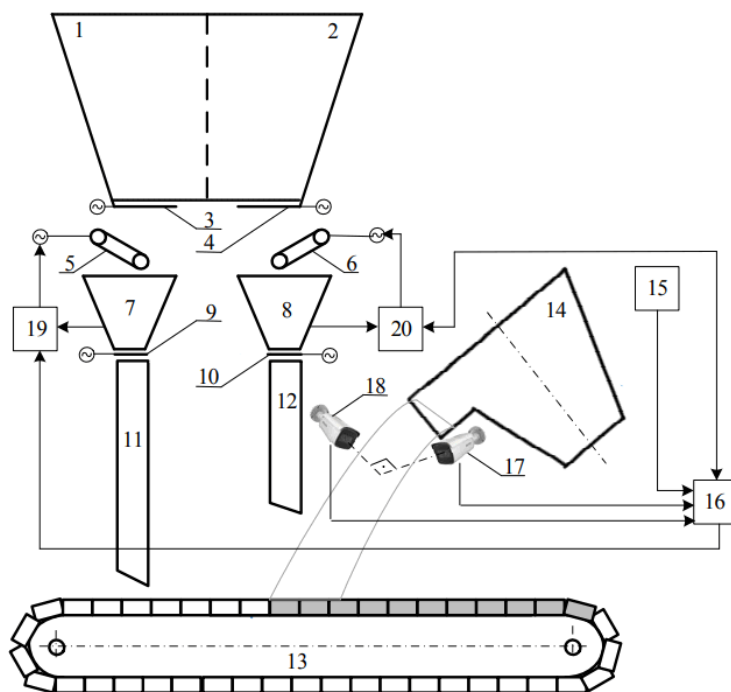
Максимальное количество подачи отхода фракционирования феррохрома (0-10мм) на плавку	т	0,15
Среднее количество подачи отхода фракционирования феррохрома (0-10 мм) на плавку	т	0,09
Средняя дозировка отхода фракционирования феррохрома (0-10 мм) на одну изложницу	гр	400
Процент снижения выхода отхода фракционирования феррохрома на плавку	%	1,06

По результатам исследований установлено, что качество получаемых предложенным способом слитков высокоуглеродистого феррохрома не ухудшается, количество отхода фракционирования феррохрома после дробления и рассева готовой продукции не увеличивается и составляет на уровне 16,0 – 16,5%.

Таким образом, предлагаемый способ введения отхода фракционирования феррохрома в изложницы разливочной машины позволяет снизить количество получаемой фракции 0-10 мм после дробления феррохрома не ниже чем на 1% за счет ее возврата в производство путем автоматизированной порционной подачи в поток жидкого феррохрома на изложницы при разливке на разливочной машине.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Способ разливки ферросплавов на машинах конвейерного типа, включающий введение твердых металлических частиц в струю расплава и получение отливки, *отличающийся* тем, что в качестве твердых материалов вводят раскислитель в виде гранул алюминия и отход фракционирования феррохрома, который добавляют в виде фракции 0-10 мм и вводят в расплав путем порционного дозирования в изложницы, при этом массу отхода фракционирования для каждой изложницы рассчитывают на основании параметров струи расплава металла, количества введенных твердых частиц алюминия в струю и изменения температуры сплава в процессе разливки.



Фиг. 1

Верстка Д. Женьсова
Корректор Г. Косанова