

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 443 784** ⁽¹³⁾ **C1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[C21C 5/48 \(2006.01\)](#)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 07.09.2015)

(21)(22) Заявка: [2010136753/02](#), 01.09.2010(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.09.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.09.2010

(45) Опубликовано: [27.02.2012](#) Бюл. № 6(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2238984 C2, 27.10.2004. RU
2291202 C1, 10.01.2007. SU 1361178 A1,
23.12.1987. JP 4325619 A, 16.11.1992. JP
9256027 A, 30.09.1997.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности,
Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Лисенко Владимир Георгиевич (RU),
Засухин Анатолий Леонтьевич (RU),
Зеленин Владимир Александрович (RU)

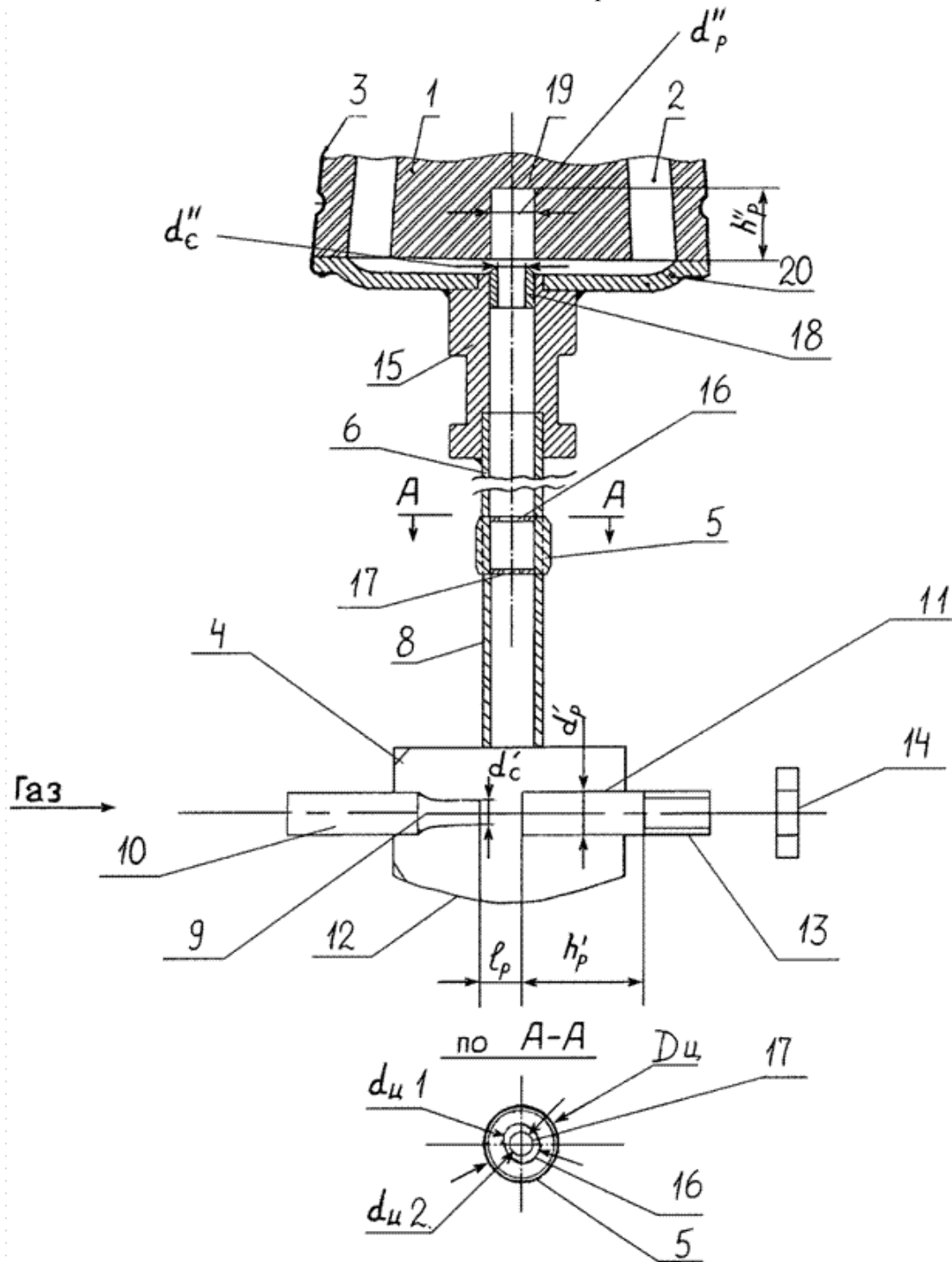
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина" (RU)

(54) ФОРМА ДЛЯ ДОННОЙ ПРОДУВКИ МЕТАЛЛА В КОВШЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, в частности к выпечной обработке стали в ковше. Фурма содержит продувочную пробку со сквозными продольными щелевыми каналами, втулку, стационарную трубу и съемную газоподводящую трубу. Фурма снабжена тремя последовательно включенными излучателями акустических колебаний: внешним по отношению к продувочной пробке, промежуточным, встроенным в съемную газоподводящую трубу, и внутренним, расположенным в продувочной пробке. Наружный и внутренний излучатели снабжены газовыми соплами и цилиндрическими резонаторами. Промежуточный излучатель выполнен в виде цилиндра с двумя круглыми отверстиями в его торцах. Использование изобретения позволяет улучшить дегазацию металла, удаление неметаллических



Фиг. 1

Изобретение относится к металлургии и, в частности, к выпечной обработке стали в ковше.

Известен способ продувки металла, включающий подачу газа через сопла, расположенные в продувочной пробке в днище ковша, и возбуждение газа акустическими колебаниями, генерируемыми в резонаторе колебаний струйного излучателя акустических колебаний, при этом частоту акустических колебаний регулируют за счет изменения глубины и объема резонатора колебаний [1]. Однако недостатком этого способа и устройства, его реализующего, является удаленное расположение излучателя акустических колебаний от выходного сечения пробки, так как конструктивно возможно размещение излучателя только за пределами продувочной пробки. При этом потери мощности акустического излучения в подводящем тракте от излучателя к продувочной пробке являются значительными.

Известно также устройство фурмы для донной продувки металла газами в ковше, содержащее также продувочную пробку, резонатор, возбуждающий упругие акустические колебания газа, отличающееся тем, что резонатор акустических колебаний расположен непосредственно в огнеупорной пробке [2]. Однако

недостатком этого устройства является практическая невозможность в процессе продувки изменять частоту акустических колебаний, так как резонатор находится в теле продувочной пробки и изменять его длину и объем, приводящие к изменению частоты колебаний, не представляется возможным. Это не позволяет в случае необходимости изменять частоту акустических колебаний для эффективного воздействия на размер образующихся в процессе продувки газовых пузырей, обеспечивающих дегазацию металла, удаление неметаллических включений и увеличение стойкости продувочной пробки.

Известна также фурма для донной продувки металла газами в ковше [3], отличающаяся тем, что излучатель акустических колебаний выполнен в виде плохо обтекаемого тела - отверстий в торцах цилиндра, размещенного непосредственно в газоподводящем устройстве фурмы для донной продувки и составляющего единую конструкцию с кожухом пробки. Однако недостатком этого способа также является невозможность регулирования частоты акустических колебаний и эффективного воздействия на размер образующихся газовых пузырей. Кроме того, расположение плохо обтекаемого тела в газоподводящем устройстве фурмы не позволяет в случае необходимости оперативно заменять этот излучатель акустических колебаний при уже установленной на ковш фурме для донной продувки и использовать этот акустический излучатель при замене отработанной продувочной пробки.

Общим недостатком рассмотренных устройств является сравнительно малая мощность акустических колебаний, генерируемых в акустических элементах - струйном излучателе акустических колебаний или в цилиндрическом излучателе, представленными в фурме для донной продувки, каждый в единственном числе.

Таким образом, известно устройство фурмы для донной продувки металла газами в ковше, содержащее продувочную пробку, отличающееся тем, что резонатор акустических колебаний расположен непосредственно в продувочной пробке [1]. Однако недостатком этого устройства является невозможность регулировать частоту колебаний и тем самым эффективно воздействовать на размер образующихся в процессе продувки газовых пузырей. Кроме того, акустическая мощность генерируемых данным устройством акустических колебаний является недостаточной для эффективного воздействия на продуваемый металл и образование газовых пузырей.

Технической задачей настоящего устройства является увеличение акустической мощности генерируемых акустических колебаний при одновременном обеспечении возможности регулирования частоты образующихся акустических колебаний для улучшения условий образования газовых пузырей, улучшения качества металла и увеличения срока службы продувочной пробки.

Эта задача решается таким образом, что фурма для донной продувки металла газами в ковше, содержащая продувочную пробку со сквозными продольными щелевыми каналами, втулку, стационарную трубу и съемную газоотводящую трубу, отличается тем, что фурма снабжена тремя последовательно включенными излучателями акустических колебаний - внешним по отношению к продувочной пробке, промежуточным, встроенным в съемную газоотводящую трубу, и внутренним, расположенным в продувочной пробке, при этом наружный и внутренний излучатели снабжены газовыми соплами и цилиндрическими резонаторами, а промежуточный излучатель выполнен в виде цилиндра с двумя круглыми отверстиями в его торцах. Фурма для донной продувки металла газами в ковше отличается также тем, что внешний излучатель акустических колебаний выполнен с возможностью регулирования длины резонатора в диапазоне от 50 до 300 мм. Фурма для донной продувки металла газами в ковше отличается тем, что в верхней по ходу движения продувочного газа части втулки фурмы размещено газовое сопло внутреннего излучателя акустических колебаний, расположенного соосно с резонатором, размещенным в теле продувочной пробки. Фурма для донной продувки металла также отличается тем, что внутренний диаметр цилиндра промежуточного излучателя акустических колебаний равен внутреннему диаметру съемной газоподводящей трубы, высота цилиндра равна 1,1-1,2 его внутреннего диаметра, а диаметры первого и второго по ходу движения газов отверстий в противоположных торцах цилиндра равны $d_{ц.1} = 1,2d'_c$ и $d_{ц.2} = 1,2d_{ц.1}$, при этом диаметр выходного сечения газового сопла внутреннего излучателя акустических колебаний d''_c равен $d''_c = 1,2d_{ц.2}$, где d'_c - диаметр выходного сечения газового сопла наружного излучателя акустических колебаний; $d_{ц.1}$ и $d_{ц.2}$ - диаметры первого и второго по ходу движения продувочного газа отверстий в торцах промежуточного цилиндрического излучателя акустических

колебаний; d_c'' - диаметр газового сопла внутреннего излучателя акустических колебаний.

Таким образом, предлагаемая фурма для донной продувки металла включает три последовательно включенных излучателя акустических колебаний. Известно [4, с.110-111], что при последовательном включении акустических элементов, имеющих определенные передаточные функции и амплитудно-частотные характеристики, амплитуды их колебаний перемножаются и, таким образом, мощность акустического излучения соответственно значительно увеличивается. При этом расход продувочного газа остается соответствующим технологическим требованиям. Из этого следует, что в данной фурме для продувки металла достигается (при том же расходе продувочного газа, например, аргона) утроенная акустическая мощность по сравнению с ранее известными аналогами. При этом в данной конструкции имеется и возможность управления частотой исходных акустических колебаний путем изменения высоты и объема резонатора внешнего акустического излучателя. При этом, как известно [5], длина резонатора l_p связана с частотой акустических колебаний по формуле

$$l_p = \left(\frac{43350}{f} \right)^{1,25}, \quad (1)$$

$$\text{откуда } f = 43350 l_p^{-0,8}. \quad (2)$$

Диаметр газового сопла внешнего излучателя акустических колебаний d_p' зависит от расхода продувочного газа G_r и определяется из соотношения [6]

$$G_r = K_r \eta_r \frac{P_r \omega_c'}{\sqrt{T_r}} \text{ кг/с}, \quad (3)$$

где K_r - коэффициент пропорциональности (например, для аргона он равен $0,05039 \frac{\text{м}}{\text{МПа}}$); P_r и T_r - давление и температура торможения газа, МПа и К соответственно, η_r - коэффициент потерь в сопле и противодействия в резонаторе $\eta_r \approx 0,15-0,25$; ω_c' - площадь выходного сечения газового сопла, мм^2 .

Из формулы (3) следует

$$\omega_c' = \frac{G_r \sqrt{T_r}}{K_r \eta_r P_r} \quad (4)$$

и

$$d_c' = \sqrt{\frac{4\omega_c'}{\pi}}. \quad (5)$$

Данный струйный излучатель акустических колебаний работает в диапазоне частот 100-4000 Гц и требуемая частота выбирается путем регулирования длины резонатора внешнего излучателя. Практически из конструктивных соображений эта длина выбирается в пределах от 50 до 300 мм.

По ходу движения продувочный газ с наложенными уже акустическими колебаниями проходит через промежуточный излучатель - цилиндр с резонатором в виде круглых отверстий в двух торцах цилиндра. С учетом газодинамических потерь (составляющих до 20% от динамического напора продувочного газа на каждом элементе сопротивления) на участке от внешнего к промежуточному излучателю акустических колебаний и потерь в самом цилиндре диаметр первого отверстия (по ходу движения газов) $d_{ц,1}$ должен быть увеличен по сравнению с диаметром сопла внешнего излучателя d_c' и принят равным $d_{ц,1} = 1,2d_c'$ а диаметр второго отверстия также последовательно увеличен и принят равным $d_{ц,2} = 1,2d_{ц,1}$, при этом, исходя из конструктивных соображений размещения цилиндра в съемной газоподводящей трубе, внутренний диаметр цилиндра принят равным диаметру съемной газоподводящей трубы, а высота принимается равной 1,1-1,2 его диаметра.

После промежуточного излучателя акустических колебаний продувочный газ попадает в газовое сопло внутреннего излучателя акустических колебаний, диаметр d_c'' которого также с учетом газодинамических потерь по ходу движения газа принимается равным $d_c'' = 1,2d_{ц,2}$. Длина резонатора внутреннего излучателя акустических колебаний из соображений обеспечения прочности конструкции (требуется избежать нарушения прочности продувочной пробки) выбирается с ограничением длины - равной 20-80 мм.

В соответствии с имеющимися рекомендациями [5], диаметры резонаторов внешнего и внутреннего излучателя акустических колебаний приняты равными

$$d_p = 1,5d_c, \quad (6)$$

а расстояние от выходного сечения газового сопла до входного торца резонатора принимается равным [5]

$$l_c = 1,2 - 1,5d_c, \quad (7)$$

где d_c - диаметр соответствующего газового сопла для выхода продувочного газа.

Изобретение поясняется устройством, представленным на фиг.1. Устройство включает продувочную пробку 1, установленную в днище ковша. Продувочная пробка снабжена щелевыми отверстиями 2 для подачи продувочного газа в расплавленный металл ковша и помещена в металлический кожух 3. Кроме того, устройство включает втулку 15, стационарную трубу 6 и съемную газоподводящую трубу 8.

Фурма для донной продувки металла включает следующий акустический комплекс: внешний струйный излучатель акустических колебаний 4, промежуточный цилиндрический излучатель акустических колебаний 5 и внутренний струйный излучатель акустических колебаний с газовым соплом 18 и резонатором 19. В свою очередь, внешний струйный излучатель акустических колебаний 4, устанавливаемый на съемную газоподводящую трубу 8, состоит из газового сопла 9, газоподводящей трубки 10, резонатора 11, отражателя 12, подвижного ввинчиваемого днища резонатора 13 и поворотного штока 14. Промежуточный цилиндрический излучатель акустических колебаний 5 размещен в верхней части (по ходу движения продувочного газа) съемной газоподводящей трубы 8 и включает цилиндр 5 и два плохо обтекаемых тела в виде круглых отверстий в торцах цилиндра - внутреннего 17 и внешнего - 16 (по ходу движения продувочного газа). В верхней части (по ходу движения продувочного газа) втулки 15 фурмы устанавливается сопло 18 для подачи газа. Внутренний струйный излучатель акустических колебаний включает газовое сопло 18 с резонатором 19, размещенным в теле продувочной пробки 1, и отражатель 20.

Фурма работает следующим образом.

Продувочный газ (например, аргон под давлением 0,8-1,5 МПа) подается через газоподводящую трубку 10 в газовое сопло 9. Далее струя газа поступает в резонатор внешнего излучателя акустических колебаний 11, в котором генерируются акустические колебания, накладываемые на поток газа. Отражатель 12 способствует эффективной передаче акустических колебаний в съемную газоподводящую трубу 8. Далее газовый поток с наложенными акустическими колебаниями поступает в промежуточный цилиндрический излучатель акустических колебаний 5, расположенный в верхней части (по ходу движения продувочного газа) съемной газоподводящей трубы 8. Газ проходит через резонатор, выполненный в виде двух круглых отверстий 17 и 16 в торцах цилиндра 5, при этом амплитуда и мощность акустических колебаний усиливается. Далее продувочный газ поступает в газовое сопло 18 внутреннего струйного излучателя акустических колебаний и его резонатор 19, в результате чего происходит дополнительное (уже трехкратное) усиление акустических колебаний, передаваемых с использованием отражателя 20 в щелевые отверстия 2 продувочной пробки 1. Частота исходных акустических колебаний внешнего излучателя акустических колебаний 4 изменяется при необходимости за счет изменения высоты и объема резонатора 13 внешнего излучателя 4 путем вращения штока 14 и подвижного ввинчиваемого днища резонатора 13. При необходимости замены элементов внешнего и промежуточного излучателя 4 и 5 при установленной на ковш продувочной фурме или их использования на других продувочных фурмах съемная газоподводящая труба 8 вместе с внешним и промежуточными излучателями акустических колебаний 4 и 5 свинчивается из стационарной трубы 6 и отделяется от фурмы для продувки металла для дальнейшего использования, а при необходимости и для конструктивных изменений.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Требуемый расход аргона на продувочный ковш $G_r=100$ л/мин. Давление и температура торможения аргона $P_r=0,6$ МПа; $T_r=293$ К. При плотности Ar при нормальных условиях $\rho=1,78$ кг/м³ получаем его секундный расход

$$G_r = \frac{100 \cdot 10^{-3} \cdot 1,78}{60} = 0,00297 \text{ кг/с}$$

Определим с использованием формулы (4) площадь выходного сечения газового сопла внешнего излучателя акустических колебаний

$$\omega'_c = \frac{0,00297 \sqrt{293}}{0,05039 \cdot 0,6 \cdot 0,2} = 8,41 \text{ мм}^2$$

Тогда по формуле (5) диаметр газового сопла внешнего излучателя

$$d'_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,41}{\pi}} = 3,27 \text{ мм}$$

Из конструктивных соображений с учетом возможных дополнительных потерь давления аргона принимаем

$$d'_c = 5,0 \text{ мм}$$

По формуле (6) диаметр резонатора внешнего излучателя акустических колебаний

$$d'_p = 1,5d'_c = 1,5 \cdot 5,0 = 7,5 \text{ мм}$$

Расстояние от выходного сечения сопла до входного торца резонатора по формуле (7)

$$l'_c = 1,2 \cdot d'_c = 1,2 \cdot 5,0 = 6,0 \text{ мм}$$

Длину резонатора принимаем равным $l'_p = 80 \text{ мм}$.

Тогда по формуле (2) базовая (несущая) частота акустического излучения внешнего излучателя

$$f' = \frac{43350}{80^{0,8}} = 1301,7 \approx 1300 \text{ Гц}$$

Диаметры первого и второго отверстий (по ходу движения продувочного газа) промежуточного излучателя акустических колебаний в виде цилиндра соответственно равны

$$d_{ц.1} = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ мм} \text{ и } d_{ц.2} = 6 \cdot 1,2 = 7,2 \text{ мм}$$

Диаметр газового сопла внутреннего излучателя акустических колебаний

$$d''_c = 1,2 \cdot 7,2 = 8,64 \text{ мм}$$

Диаметр резонатора внутреннего излучателя по формуле (6)

$$d''_p = 2 \cdot d''_c = 2 \cdot 8,64 = 13,0 \text{ мм}$$

Расстояние от выходного сечения газового сопла до торца резонатора внутреннего излучателя (по формуле (7))

$$l''_p = 1,2d''_c = 1,2 \cdot 8,64 = 10,4 \text{ мм}$$

Длина резонатора внутреннего излучателя акустических колебаний

$$l''_p = 80 \text{ мм}$$

Базовая частота внутреннего излучателя по аналогии с внешним излучателем акустических колебаний при той же длине резонатора

$$f'' = f' = 1300 \text{ Гц}$$

Применение данной фурмы для продувки металла значительно увеличивает мощность наложенных на продувочный газ акустических колебаний, что позволяет усилить влияние акустических колебаний на размер всплывающих газовых пузырей, улучшить дегазацию металла и удаление неметаллических включений. Этому способствует и возможность регулирования частоты исходных акустических колебаний.

Использование акустических колебаний в струе продувочного газа, входящего в металл из торцевых каналов продувочной пробки позволяет смягчить действие обратного гидравлического удара на торец пробки лопающихся крупных газовых пузырей и тем самым увеличить срок службы продувочной пробки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегай А.С., Осетров В.Д., Козлов В.Н. и др. Способ продувки металла. Патент РФ, №2238984. Оpubл. 27.10.2004. Бюл. №30.
2. Лисиенко В.Г., Засухин А.Л., Зуев М.В. и др. Фурма для донной продувки металла газами в ковше. Патент РФ, №2291202. Оpubл. 10.01.2007, Бюл. №1.
3. Зеленин В.А., Гриншпун Е.М., Гороховский А.М. Фурма для донной продувки металла газами в ковше. Полезная модель №78798. Оpubл. 10.12.2008.
4. Каргу Л.И., Литвинов А.П., Майборода Л.А. и др. Основы автоматического регулирования и управления. Учебное пособие / Под ред. В.М.Пономарева, А.П.Литвинова. - М.: Высшая школа, 1974. - 439 с.
5. Воронов Г.В., Лисиенко В.Г., Шиленко Б.П. и др. Газоструйный стержневой излучатель. Патент РФ, №1455444. Оpubл. 15.10.1994.
6. Китаев Б.И., Зобнин Б.Ф., Ратников В.Ф. и др. Теплотехнические расчеты металлургических печей. Учебное пособие / Под ред. А.С.Телегина. - М.: Металлургия, 1970. - 528 с.

1. Фурма для донной продувки металла газами в ковше, содержащая продувочную пробку со сквозными продольными щелевыми каналами, втулку, стационарную трубу и съемную газоподводящую трубу, отличающаяся тем, что она снабжена тремя последовательно включенными излучателями акустических колебаний, выполненными в виде внешнего по отношению к продувочной пробке, промежуточного, встроенного в съемную газоотводящую трубу, и внутреннего, расположенного в продувочной пробке, причем наружный и внутренний излучатели снабжены газовыми соплами и цилиндрическими резонаторами, а промежуточный излучатель выполнен в виде цилиндра с двумя круглыми отверстиями в его торцах.

2. Фурма по п.1, отличающаяся тем, что внешний излучатель акустических колебаний выполнен с возможностью регулирования длины резонатора в диапазоне от 50 до 300 мм.

3. Фурма по п.1, отличающаяся тем, что в верхней по ходу движения продувочного газа части втулки фурмы размещено газовое сопло внутреннего излучателя акустических колебаний, расположенного соосно с резонатором, размещенным в теле продувочной пробки.

4. Фурма по п.1, отличающаяся тем, что внутренний диаметр цилиндра промежуточного излучателя акустических колебаний равен внутреннему диаметру съемной газоподводящей трубы, высота цилиндра равна 1,1-1,2 его внутреннего диаметра, а диаметры первого и второго по ходу движения газов отверстий в противоположных торцах цилиндра равны $d_{ц,1} = 1,2d'_c$ и $d_{ц,2} = 1,2d_{ц,1}$, при этом диаметр выходного сечения газового сопла внутреннего излучателя акустических колебаний d''_c равен $d''_c = 1,2d_{ц,2}$, где d'_c - диаметр выходного сечения газового сопла наружного излучателя акустических колебаний, $d_{ц,1}$ и $d_{ц,2}$ - диаметры первого и второго по ходу движения продувочного газа отверстий в торцах промежуточного цилиндрического излучателя акустических колебаний, а d''_c - диаметр газового сопла внутреннего излучателя акустических колебаний.

ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **02.09.2012**

Дата публикации: [27.06.2013](#)