

УДК 669.162

В. В. БОДРЯГА (науч. сотр.)¹,
Ф. В. НЕДОПЕКИН (д-р техн. наук, проф.)¹,
В.А. КРАВЕЦ (д-р техн. наук, проф.)²
В.В. БЕЛОУСОВ (д-р техн. наук, проф.)¹,

¹Донецкий национальный университет
²Донбасская национальная академия, строительства и архитектуры

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ПЕРЕЛИВАХ ЧУГУНА В МИКСЕРНОМ ОТДЕЛЕНИИ МК ИМ. ИЛЬИЧА

Рассматривается технология подавления бурого дыма нейтральным газом при переливах чугуна. Для миксерного отделения получена зависимость степени пылеподавления от расхода азота для разных технологических параметров. Получены рациональные значения степени пылеподавления при подаче азота в зависимости от количества сопел и расхода нейтрального газа.

Ключевые слова: бурый дым, чугун, миксер, ковши, нейтральный газ, степень пылеподавления.

Постановка проблемы. Проблема защиты окружающей среды является одной из самых актуальных проблем. Наибольшее влияние на окружающую среду оказывают вредные выбросы промышленности. Основная часть вредных промышленных выделений сбрасывается в атмосферу в виде выбросов пыли и газа. Черная металлургия является одним из самых крупных загрязнителей воздушной среды, ее суммарная доля в выбросах в атмосферу возросла до 40%.

Экологические проблемы являются в настоящее время фактором, ограничивающим развитие чёрной металлургии. В частности, к серьёзным проблемам следует отнести загрязнение атмосферы бурым дымом – специфическим видом пыли, образующейся при операциях заливки чугуна в миксер и слива из миксера в ковш (рис. 1). Пыль, выделяющаяся при заливке и сливе, состоит из двух основных компонентов: мелкодисперсного бурого дыма и крупнодисперсной графитсодержащей пыли. Графитсодержащая пыль, в свою очередь, состоит из двух компонентов – графитной спели и застывших брызг чугуна. Традиционным методом снижения выбросов бурого дыма является отвод выбросов от мест образования при помощи дымососа, улавливание отведённых выбросов в фильтрах и сброс очищенного газа в атмосферу. Недостатком традиционного метода являются значительные капитальные и эксплуатационные затраты.

Непосредственной причиной образования бурого дыма является взаимодействие мелких капель чугуна с кислородом газовой фазы. Эффективным решением, данной проблемы, является создание в зоне диспергирования струи чугуна атмосферы с пониженным содержанием кислорода с целью предотвратить окисление брызг металла и подавить, таким образом, образование бурого дыма [1, 2].



Рисунок 1 – Перелив чугуна из миксера в ковш

Постановка задачі. Подавая газ в ковш в период наполнения его чугуном, можно существенно снизить выбросы бурого дыма при условии, что нейтральный газ будет достигать зоны диспергирования струи металла [3]. Но подача нейтрального газа со значительного расстояния с большой скоростью может привести к дополнительному диспергированию металла и не к снижению, а к возрастанию выбросов. Если же подавать нейтральный газ с малой скоростью, то возникает опасность, что газ будет уноситься встречным потоком выбросов и не достигнет зоны диспергирования чугуна [1, 4]. Поэтому влияние различных конструктивных и режимных параметров подачи азота, является необходимым условием, обеспечивающим максимальную эффективность пылеподавления.

Материалы и обсуждения. В качестве буферной ёмкости между доменной печью и сталеплавильным агрегатом применяются миксеры – агрегаты, для хранения расплавленного чугуна. Корпус миксера изготавливается из стали и футерован изнутри огнеупорным кирпичом. Миксер снабжён заливочным отверстием с крышкой, через которое производится заливка чугуна, и сливным отверстием с носком, через которое производится слив металла. Во время слива миксер наклоняется при помощи специального механизма.

В миксерах происходит усреднение химического состава и температуры чугуна, они сглаживают неравномерность в поступлении и расходовании металла. В полости миксера сжигают газ, что позволяет поддерживать чугун в жидком состоянии практически неограниченное время.

Миксерное отделение конвертерного цеха МК им. Ильича включает два миксера ёмкостью 1300 т и две машины скачивания шлака. Основные выбросы в атмосферу происходят при выполнении технологических операций заливки чугуна из 140-тонного доменного чугуновозного ковша в миксер и слива из миксера в 150-тонный заливочный конвертерный ковш, а также при скачивании шлака из чугуновозных доменных ковшей.

Характеристики выбросов, принятые на основании экспериментальных исследований и литературных данных, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры выбросов при переливах чугуна из миксера в ковш в миксерном отделении ККЦ МК им. Ильича

№	Параметр	Единица измерения	Значение
1	Средняя продолжительность слива	Мин	5
2	Температура чугуна	°С	1350
3	Средняя температура потока выбросов	°С	200
4	Средний расход в факеле выбросов на высоте 2,8 м от кромки ковша	кг/с	27
5	Запылённость, в том числе: бурого дыма, ГСП	г/м ³	2,0 1,5 0,5

Азот при сливе чугуна из миксера подаётся через стационарные сопла, укрепленные над ковшом. Нижний срез сопла расположен над верхней кромкой ковша. Сопла при помощи фланцевого соединения крепятся к коллектору диаметром 159 мм, который расположен с внешней стороны зонта аспирационной системы. Концы сопел наклонены внутрь ковша под

углом 30° к горизонту. В плане концы сопел заходят внутрь ковша. Расположение сопел показано на рис. 2.

Сопла изготавливаются из стальной трубы диаметром 108 мм , но концы сопел имеют расширение, выходное сечение сопел равно 150 мм . Расширенный участок сопла, расположенный в непосредственной близости от ковша рекомендуется изготавливать из меди (толщина стенки $3\text{-}5 \text{ мм}$), что предотвращает образование на концах сопел шлакометаллических настылей. Сопла соединяются с коллектором фланцевым соединением, обеспечивающим возможность поворота сопел вокруг вертикальной оси, что облегчает их монтаж, демонтаж и наладочные работы. С этой целью со стороны коллектора устанавливается свободный фланец на приварном кольце.

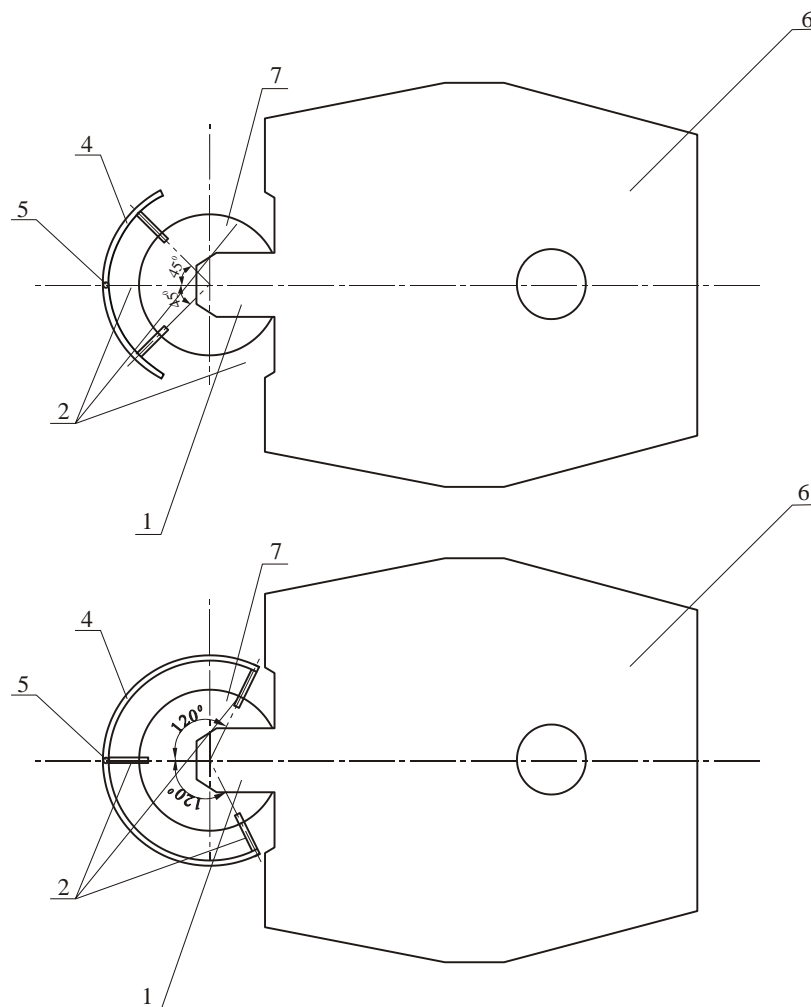


Рисунок 2 – Схема расположения двух и трех сопел над ковшом вид сверху:

1 – носок миксера; 2 – сопла; 3 – фланцевое соединение; 4 – коллектор;
5 – подвод азота к коллектору; 6 – миксер; 7 – ковш

В табл. 2 приведены численные значения, характеризующие условия процесса перелива чугуна из миксера в ковш для миксерного отделения МК Ильича.

Значения $w_{кр}$ в табл. 2 по следующему выражению:

$$w_{кр} = 24,2 - \sqrt{2gh} . \quad (1)$$

где $w_{кр}$ – критическая скорость струи нейтрального газа, при которой начинается дробление капель чугуна, м/с .

Таблица 2 – Значения параметров, характеризующих протекание процесса перелива чугуна из миксера в ковш

d – диаметр сопел, м	0,15
S – расстояние от сопла до металла, м	2
$w_{кр}$ – критическая скорость, м/с	12,9
V – объем поступающего воздуха, м ³ /с	17
h – средняя высота падения струи, м	6,5

Зависимость (2) выражает связь между степенью пылеподавления и управляемыми технологическими и конструктивными параметрами:

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{0,25Q^2}{w_{кр}^2 n^2 0,085S_c d_c + 0,145d_c^2} - \frac{0,81Q}{w_{кр} n 0,085S_c d_c + 0,145d_c^2} + 1 \right) \times \exp \left(21,655 - \frac{1}{0,04618 - 0,016Q/V} \right) \times \frac{1}{\sqrt{1 - 0,347Q/V}}. \quad (2)$$

В (2) были подставлены данные из табл. 2. Расчеты приводятся для случая использования в установке пылеподавления двух и трех сопел. Получены следующие зависимости:

для двух сопел:

$$\varepsilon = 1 - (0,453Q^2 - 1,09Q + 1) \times \exp \left(21,655 - \frac{1}{0,04618 - 0,0009Q} \right) \times \frac{1}{\sqrt{1 - 0,02Q}}, \quad (3)$$

и для трех сопел:

$$\varepsilon = 1 - (0,201Q^2 - 0,727Q + 1) \times \exp \left(21,655 - \frac{1}{0,04618 - 0,0009Q} \right) \times \frac{1}{\sqrt{1 - 0,02Q}}. \quad (4)$$

Графическое представление полученных зависимостей показано на рис. 3. Таким образом, в начале, при увеличении расхода нейтрального газа, происходит подавление процесса дымообразования за счёт снижения концентрации кислорода и дополнительной коагуляции брызг, как следствие уменьшению поверхности испарения. В дальнейшем увеличение расхода приводит к росту скорости струи газа и после превышения критического значения скорости, эффективность пылеподавления начинает падать из-за дополнительного их диспергирования и увеличению поверхности испарения.

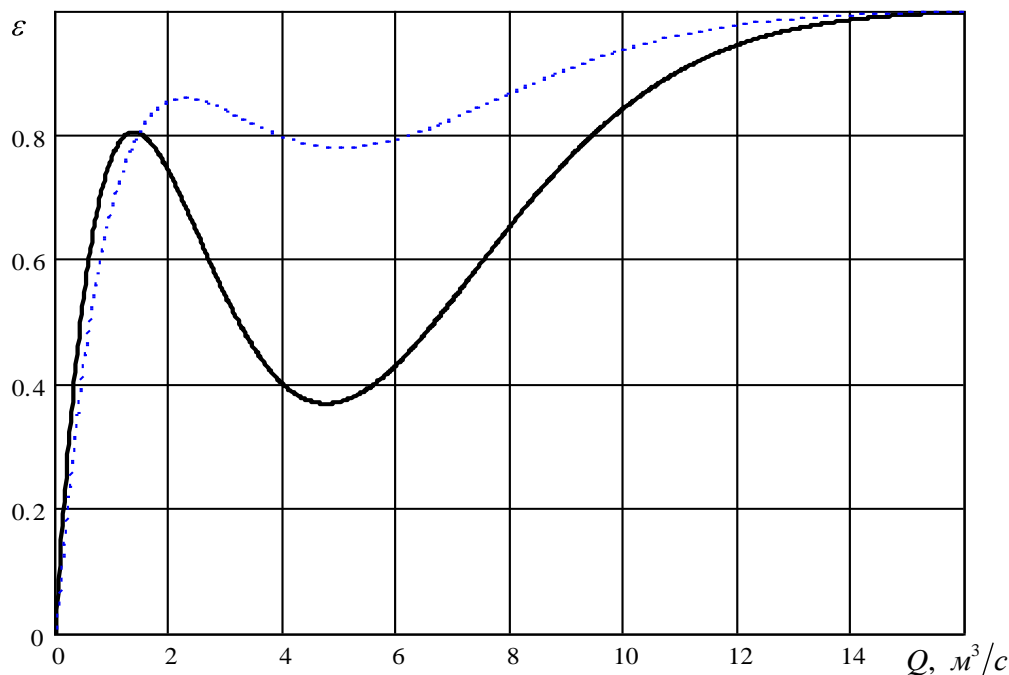


Рисунок 3 – Зависимость степени пылеподавления от расхода азота при количестве сопел на МК им. Ильича: — – 2 и - - - - 3

Результаты расчетов приведены в табл. 3 - даны максимальные значения степени пылеподавления и значения расхода нейтрального газа, при которых они достигаются.

Таблица 3 – Результаты расчета степени пылеподавления в миксерном отделении МК им. Ильича

	2 сопла	3 сопла
ε_{\max}	0,8	0,86
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	1,4	2,4

При этом в каждом конкретном случае локальный максимум достигается при своём расходе, зависящем от числа сопел. Из рис. 3 видно, что увеличение числа сопел сдвигает локальный максимум в сторону увеличения расхода, величина достигаемого максимума растёт, а сама кривая становится более пологой. Это объясняется тем, что при одинаковом расходе азота скорость истечения струи газа для случая двух сопел будет больше чем для случая трех сопел.

Выводы:

1. Проведен анализ степени пылеподавления азотом в зависимости от количества сопел и расхода нейтрального газа и получена экстремальная зависимость степени пылеподавления от расхода азота;
2. Получено рациональное значение расхода азота, при котором степень пылеподавления оптимальна;
3. Полученные результаты могут быть использованы при разработке рациональных режимов подавления бурого дыма при подаче нейтрального газа, что позволит улучшить экологическую обстановку в миксерном отделении МК им. Ильича.

Список литературы

1. Кравец В.А. Подавление бурого дыма при переливах чугуна / В.А. Кравец. – Донецк: УкрНТЭК, 2002. - 186 с.
2. Процессы тепломассопереноса в каплях чугуна при образовании бурого дыма / [Ф.В. Недопекин, В.А. Кравец, В.В. Бодряга и др.] // XIV Минский международный форум по тепло- и массообмену (10-13 сентября 2012 г.): Тезисы докладов и сообщений. – Минск, 2012. – Т.2., Ч.1. - С. 115-119.
3. Недопекин Ф.В. Процессы теплопереноса в брызгах чугуна, приводящих к образованию бурого дыма / Ф.В. Недопекин, В.А. Кравец, В.В. Бодряга // Вестник Донецкого университета. Сер.А. Естественные науки. - 2002. - №1, Вып. 2. - С. 270-275.
4. Недопекин Ф.В. Исследование влияния аэродинамики струи азота на процессы коагуляции и диспергирования капель / Ф.В. Недопекин, В.А. Кравец, В.В. Бодряга // Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу: Матеріали міжнародної конференції. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2008. - С. 80 - 84

Надійшла до редакції 21.03.2013

В. В. БОДРЯГА, Ф. В. НЕДОПЕКИН, В. А. КРАВЕЦЬ, В. В. БЕЛОУСОВ

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ ПЕРЕЛИВАХ ЧАВУНУ У МІКСЕРНОМУ ВІДДІЛЕННІ МК ІМ. ІЛІЧА

Розглядається технологія пригнічення бурого диму нейтральним газом при переливах чавуну. Для міксерного відділення отримана залежність ступеня пилопригнічення від витрати азоту для різних технологічних параметрів. Отримані раціональні значення ступеня пилопригнічення при подачі азоту в залежності від кількості сопел і витрати нейтрального газу.

Ключові слова: бурий дим, чавун, міксер, ківиш, нейтральний газ, ступінь пилопригнічення.

V. BODRIAGA, F. NEDOPEKIN, V. KRAVETS, V. BILOUSOV

A TECHNIQUE OF IMPROVING ENVIRONMENTAL SITUATION DURING IRON CASTING IN THE MIXING DEPARTMENT OF ILYICH IRON & STEEL WORKS

The paper considers the technique of red fume suppression with inert gas. We have obtained rational values of the dependence of dust suppression degree on nitrogen consumption for different process parameters. We have also obtained the values of dust-suppression degree during nitrogen supply depending upon the number of jets and neutral gas flow.

Key words: red fume, pig iron, mixer, ladle, neutral gas, degree of dust-depressing.

© Бодряга В.В., Недопекин Ф.В., Кравец В.А., Белоусов В.В., 2013