



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОБЕЗОПАСНОСТИ МИКСЕРНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

В.Д. Горovenko, В.А. Кравец, С.И. Падалко

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ул. Героев Небесной Сотни, 14, Краматорск, 84333, Украина

e-mail: vasylakravets@gmail.com

В настоящее время в промышленно развитых регионах наблюдается тенденция к увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Значительную долю выбросов составляет пыль от предприятий черной металлургии. Заметным источником выбросов являются миксерные отделения сталеплавильных цехов, в частности, операция заливки чугуна в миксер из доменных ковшей. Основными составляющими выбросов являются бурый дым и графит [1].

Для сокращения объема выброса бурого дыма и графита от узла заливки чугуна в миксер на большинстве металлургических заводов Украины применяются системы аспирации, включающие зонты над горловиной миксера, воздухоотводы, пылеулавливающий аппарат, дымосос и дымовую трубу. При этом эффективность отвода выбросов существующими системами аспирации является недостаточной и не обеспечивает требования по защите окружающей среды [1].

Целью работы является подбор технических решений, направленных на повышение степени аспирации выбросов с возможностью утилизации графитной пыли, образующейся в миксерных отделениях в процессе заливки чугуна с доменных ковшей в миксер.

Миксерные отделения металлургических заводов являются промежуточным технологическим звеном между доменным и сталеплавильным цехами. В миксерных отделениях установлены миксеры – футерованные обогреваемые ёмкости для хранения расплава чугуна. Назначение миксерных отделений – сглаживание неравномерности поступления чугуна из доменного цеха и его потребления сталеплавильным агрегатом, а также усреднение состава чугуна разных плавов.

Основными технологическими операциями в миксерных отделениях являются: заливка чугуна в миксер из доменных ковшей (рис. 1) и слив чугуна из миксера в сталеплавильный ковш. При выполнении этих операций в атмосферу поступают выбросы, основной составляющей которых являются твёрдые вещества (мелкодисперсный бурый дым и крупнодисперсная графитная пыль). В относительно незначительных количествах выделяются СО и NO_x. С экологической точки зрения очистка выбросов целесообразна только от твёрдых частиц [1].

Таким образом, основное воздействие миксерных отделений на окружающую среду составляет выброс твёрдых веществ и твёрдые отходы из пыли, осевшей на полу и конструкциях, и уловленной пылеулавливающими аппаратами.

Миксерные отделения Украины, бывших советских республик, а также многих стран Азии и Африки оборудованы типовыми миксерами ёмкостью 1300 и 2500 т. Удельные выбросы при технологических операциях в миксерных отделениях (без системы отвода и очистки) приведены в таблице.

Таблица.

Ёмкость миксера, т	Удельные выбросы пыли при заливке чугуна в миксер, г/т чугуна	Удельные выбросы пыли при сливе из миксера в ковш, г/т чугуна
1300	150	160
2500	130	300



Рисунок 1. Заливка чугуна в 1300-тонный миксер на одном из заводов Украины

Выбросы поступают в атмосферу через аэрационный фонарь (выбросы, не уловленные системой аспирации) и через дымовую трубу после газоочистки. Удельная масса твёрдых взвешенных частиц, поступающих в атмосферу, составит

$$M = (m_1 + m_2) \cdot (1 - \eta_{ac}) + (m_1 + m_2) \cdot \eta_{ac} \cdot (1 - \eta), \quad (1)$$

где M – удельная масса взвешенных частиц, поступающая в атмосферу, г/т чугуна;
 m_1 и m_2 – удельные массы взвешенных частиц, поступающих в атмосферу при заливке в миксер и при сливе из миксера, соответственно, г/т чугуна;
 η_{ac} – степень улавливания выброса системой аспирации, в долях от единицы;
 η – степень очистки в газоочистном аппарате, в долях от единицы.

Количество образующихся твёрдых отходов составит

$$M_{от} = (m_1 + m_2) \cdot (1 - \eta_{ac}) \cdot \alpha + (m_1 + m_2) \cdot \eta_{ac} \cdot n, \quad (2)$$

где $M_{от}$ – удельная масса образующихся отходов, г/т чугуна;

α – доля твёрдых частиц, оседающих на полу и на конструкциях в здании миксерного отделения, в долях от единицы;

$(m_1+m_2)\cdot\eta$ – количество пыли, уловленное пылеулавливающим аппаратом, г/т чугуна.

Образующаяся при заливке и сливе чугуна пыль состоит из двух основных компонентов: бурый дым и графит, соотношение которых зависит от конкретных условий выполнения технологических операций, но в среднем для миксерных отделений доля бурого дыма в выбросах около 60% и доля графита 40%.

Бурый дым представляет собой мелкодисперсные ($d_m=1$ мкм) кристаллы Fe_2O_3 и является результатом взаимодействия брызг чугуна с кислородом воздуха. Графитная пыль представляет собой крупнодисперсные ($d_m=70-150$ мкм) пластины графита, сильно загрязнённые оксидами железа [2].

Для снижения выбросов в атмосферу применяются системы аспирации с последующей пылеочисткой и сбросом очищенного газа в атмосферу через дымовую трубу. При этом существует проблема обеспечения эффективного отвода выбросов в связи с тем, что по технологическим причинам невозможно полностью накрыть зонтом источник выбросов (горловину миксера при заливке и ковш при сливе). Компенсировать это приходится повышением расхода аспирационной среды. Так, в [3] рекомендуется закладывать при проектировании расходы в аспирационных системах на уровне 150 тыс. м³/ч для миксеров ёмкостью 1300 т и 250 тыс. м³/ч для миксеров 2500 т. Это обеспечивает степень аспирации $\eta_{ac}=0,7$ для заливки чугуна в миксер и $\eta_{ac}=0,8$ для слива чугуна из миксера в ковш. Такие величины не обеспечивают ужесточившиеся требования к санитарному состоянию рабочих мест, поэтому рекомендации [3] устарели.

В развитых странах применяются значительно большие расходы. Так в ФРГ применены два способа предотвращения неорганизованного выброса в миксерном отделении. В одном случае ковш помещают под раздвижное укрытие, имеющее в закрытом состоянии отверстие для прохода струи металла. Расход в системе аспирации составляет 500 тыс. м³/ч. В другом случае применяются неподвижные зонты, но расход возрастает до 800 тыс. м³/ч. В обоих случаях достигается 100% отвод выбросов [4]. Нужно отметить, что такие решения являются слишком дорогими для Украины. Поэтому актуальными являются исследовательские работы, направленные на совершенствование конструкции зонтов и обеспечение высокой степени аспирации при оптимальных расходах аспирационной среды.

Очистка отведенных газов от пыли в миксерных отделениях осуществляется на большинстве заводов Украины в циклонах ЦН, которые на 95-99% улавливают крупнодисперсную графитсодержащую пыль, но бурый дым ими практически не улавливается [1,3]. Для улавливания бурого дыма рекомендуется вторая ступень очистки, в качестве которой предлагаются электрофильтры или тканевые рукавные фильтры [3,4,5]. Такое решение позволяет очистить выбросы на 99-99,5%. Концентрация твёрдых частиц в выбросе после газоочистки на дымовой трубе будет менее 20 мг/м³.

Недостатками двухступенчатой очистки являются громоздкость, сложность в эксплуатации и высокие капитальные и эксплуатационные затраты аппаратов, предназначенных для улавливания бурого дыма. Так, капитальные затраты на сооружение рукавных фильтров составляют около 3,0 млн. евро, а электрофильтров – более 4,0 млн. евро при расходе в системе аспирации 500 тыс. м³/ч. Годовые эксплуатационные затраты для рукавного фильтра превысят 1,0 млн. евро в год, а для электрофильтра составят около 0,7 млн. евро в год (при непрерывной работе).

Учитывая высокие затраты на вторую степень очистки вместо неё рекомендуется применять подавление бурого дыма азотом [3]. Суть этого способа заключается в том, что в зону дымообразования вдувается газообразный азот, создаётся атмосфера с пониженным содержанием кислорода и подавляется процесс образования бурого дыма. Опыт применения пылеподавления азотом при переливах чугуна на металлургических комбинатах им. Ильича и «Азовсталь» показал, что можно снизить содержание бурого дыма в выбросах на 85-90% без использования фильтров. Крупнодисперсную графитную пыль можно на 99% уловить в обычных циклонах. При этом концентрация твёрдых частиц на выходе из дымовой трубы не превысит 70 мг/м^3 . Этот уровень очистки на сегодняшний день устраивает санитарные органы, однако, учитывая перспективы ужесточения требований, может оказаться недостаточным через 5-10 лет. Поэтому при реконструкции систем газоочистки рекомендуется закладывать рукавные или электрофильтры в сочетании с пылеподавлением азотом. Расчёты показывают, что при этом можно достичь степени очистки, обеспечивающей содержание твёрдых частиц в выбросе на дымовой трубе не более 5 мг/м^3 .

Важным вопросом для обеспечения экологической безопасности миксерных отделений является проблема утилизации уловленной пыли. Пыль миксерных отделений содержит ценный компонент – графит. Содержание углерода в миксерной пыли, уловленной циклонами, обычно составляет примерно 15%. Остальное, преимущественно, - окисленное и металлическое железо. Наличие примесей лишает уловленную пыль ресурсной ценности и на большинстве заводов Украины эта пыль вывозится в отвал. Железо содержится в пыли в двух формах: в виде механической примеси (застывшие, частично окисленные брызги металла) и в виде микроскопических включений в структуре кристаллов графита (рис. 2).

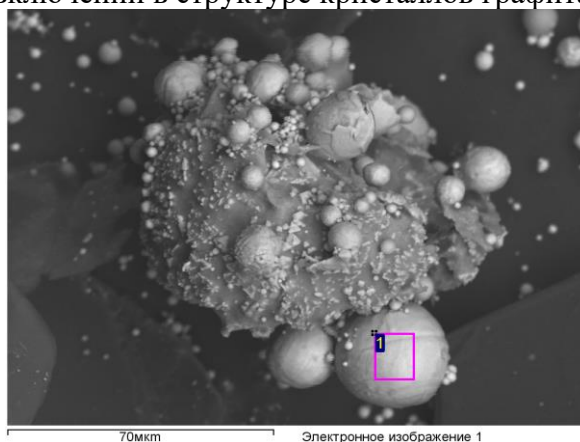


Рисунок 2. Металлические включения на поверхности кристаллов графита

На рис. 2 приведена фотография пылинки графита из бункера циклона миксерного отделения конвертерного цеха металлургического комбината «Азовсталь». Прямоугольником 1 на фото отмечен участок, на котором был выполнен спектральный анализ. Химический состав включения: Fe=58,33%, O=30,88%, C=10,58%. В незначительных количествах присутствуют Si и Al. Сферическая форма включений, их химический состав и то, что они сосредоточены в неровностях рельефа пластин графита и в местах дефектов кристаллической решётки, свидетельствует об испарительно-конденсационном происхождении этих включений.

Для отделения от графита механических примесей можно применить пылевой мешок, встроенный в газоход, что позволит уловить тяжёлые брызги застывшего чугуна. Можно также применить обогащение уловленной пыли магнитной сепарацией или отделением

фракции менее 100 мкм, где преимущественно сосредоточены брызги металла. Использование этих средств позволяет повысить содержание углерода в графитной пыли до С=30%, что превращает пыль в товарный продукт, который берут графитовые заводы для дальнейшей переработки.

Содержание включений, адсорбированных в структуре графита, можно снизить, применив пылеподавление азотом. Кроме снижения выбросов бурого дыма при подаче азота на 85-90%, как побочный эффект достигается снижение содержания железа в графитной пыли. Совместное применение пылеподавления азотом и пылевого мешка перед циклонами позволяет повысить содержание углерода до С=40-50%, что резко увеличивает цену графитной пыли и практически решает проблему её утилизации, превратив из отхода в ценный продукт.

Выводы.

1. Основное воздействие на окружающую среду миксерных отделений заключается в выбросе в атмосферу пыли, образовании твёрдых отходов из уловленной пыли и пыли, осевшей на полу и конструкциях цеха.

2. Для снижения выбросов применяются системы аспирации с пылеулавливанием. При этом для обеспечения эффективного отвода выбросов применяют системы с большими объёмами аспирируемой среды, что приводит к высоким затратам. Поэтому актуальной является проблема совершенствования конструкции зонтов для оптимизации расходов.

3. Пыль миксерных отделений содержит два основных компонента: мелкодисперсные оксиды железа (бурый дым) и крупнодисперсные пластины графита. Для улавливания графита достаточно обычных циклонов, но для улавливания бурого дыма требуется применение фильтров или пылеподавление азотом. Возможны различные сочетания этих методов.

4. Для различных вариантов обеспечиваются следующие концентрации твёрдых частиц в выбросе на дымовой трубе аспирационной системы:

- циклоны в сочетании с пылеподавлением азотом – 70 мг/м³;
- электрофильтры или рукавные фильтры – 20 мг/м³;
- фильтры в сочетании с пылеподавлением азотом – 5 мг/м³.

Окончательный выбор определяется уровнем требований к очистке.

5. Графитная пыль обладает ресурсной ценностью. Однако без применения пылеподавления азотом она содержит не более 15% углерода, что делает её непригодной для утилизации. Применение пылеподавления азотом повышает содержание углерода до С=30%, превращая графитную пыль в товарный продукт. Использование некоторых дополнительных мероприятий позволяет повысить содержание углерода до С=50%, что решает проблему утилизации пыли.

Литература:

1. Кравец В.А., Кульченко В.В., Морозов В.В., Семёнова З.С. Применение газоочисток различных типов при переливах чугуна. *Экотехнологии и ресурсосбережение*, 2000, № 3. – С. 66-69.

2. Кравец В.А., Лоцман А.А., Насанова Ю.В. Свойства взвешенных частиц, выделяющихся в атмосферу при переливах чугуна. *Вісник ДонНАБА. Збірник наукових праць «Інженерні системи та техногенна безпека»*. Випуск 2011-5, Макіївка, 2011. – С. 77-86.

3. Кравец В.А. Подавление бурого дыма при переливах чугуна: Монография. – Донецк: УкрНТЭК, 2002. – 186 с.

4. Hogner W. Secondary dust collection in modern steelmaking plants. *Steel Times*. 1983 - v.211.- №10.- P. 517-522.

5. Баптизманский В.И., Паниотов Ю.С., Зеликман В.Д. Сопоставление выбросов в окружающую среду при различных технологических схемах производства чугуна и стали. *Известия вузов. Чёрная металлургия*, 1995.- №12.- С.17-20.