

УДК 669.054.3

Волошин В.С.¹, Хлестова О.А.²

МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕРОДА В МЕТАЛЛУРГИИ.

Рассмотрены вопросы движения углерода в металлургических переделах. Рассмотрены процессы образования отходов при использовании углеродсодержащего сырья. Представлена модель движения углеродсодержащих компонентов на примере доменного производства.

Современное металлургическое производство использует огромное количество видов и форм природных ресурсов. Разнообразие потребляемых природных ресурсов представлено как шихтовыми материалами всех металлургических переделов, различными видами энергии, затратами воды и воздуха, так и занимаемыми территориями, ресурсами животного и растительного мира [1].

Часть этих ресурсов направляется в отходы, а остальная часть в виде динамических материальных потоков взаимодействует с другими потоками природных ресурсов, преобразуется в полезную продукцию. Снижение уровня образования отходов возможно при анализе структуры ресурсопотоков, и форм воздействия на них при разработке методики управления потоками отходообразования.

Настоящая работа посвящена анализу и разработке способов формирования различных видов отходов углерода в металлургии.

Роль углерода в металлургическом производстве невозможно недооценить. Во-первых, углерод является одним из основных горючих компонентов топлива всех металлургических топливосжигающих процессов. Во-вторых, углерод является основой сырьевой базы всех переделов металлургического цикла. Так, содержание углерода в чугуна составляет до 4%. Сырьем для производства чугуна и основным поставщиком углерода является кокс. В свою очередь исходным сырьем для коксохимического производства выступает уголь различных сортов. Содержание углерода в каменных углях составляет 78 – 92 %. Отходы добычи и переработки руд природных месторождений, как правило, складываются в отвалы. Углерод присутствует в природном газе, сопутствующих газах металлургических переделов.

При коксовании выход годного компонента находится в пределах 0,75 – 0,8, а содержание углерода в нем находится в пределах 76 – 91,1 %. Вся остальная часть сырьевого угля относится к неизбежным потерям, которые переходят в газообразные и другие продукты сухой пегонки угля [2].

Каждая единица углерода в чугуна несет с собой до 30 наименований отходов природно-сырьевых ресурсов. В то же время, каждый этап преобразовательного движения углерода от компонента природной экосистемы до элемента готовой потребительской продукции сопровождается затратами природно-сырьевых ресурсов: воздуха, воды, минеральных веществ, территориальной нагрузки, трудовых и энергетических ресурсов.

Более того, вся технологическая цепочки с момента добычи угля до выхода чугуна сопровождается образованием отходов в виде потерь материалов, связанных с особенностями и несовершенством технологии и оборудования.

На крупных металлургических предприятиях около 300 тонн кокса в год теряется на промплощадках, до 60 тонн – в пути при транспортировке [3]. Основное количество выбросов твердых веществ в доменном производстве образуется при транспортировании шихтовых материалов, расход которых достигает 3 – 5 т на 1 тонну выплавленного чугуна, особенно при их складировании и загрузке. Наибольшее количество пыли выделяется в местах перегрузки сырья. При падении по желобу (вертикальному или наклонному) материал увлекает за собой значительное количество воздуха и, перемешиваясь с ним, образует пылевоздушную смесь. Куски кокса при падении с высоты 2,2 метра могут увлечь до 15 м³/т воздуха [4]. В образовавшейся смеси содержание пыли может достигать 500 мг/м³ воздушного объема. На операциях коксоразборки

¹ПГТУ, д-р техн. наук, проф.

²ПГТУ, ст. преп.

выбросы пыли составляют до 700 г/т кокса или около 600 г углерода на тонну кокса. Выгрузка, обработка и хранение в штабелях угля и кокса, а также транспортировка приводят к уносу самых мелких частиц, которые содержатся в материале. Кроме того, газопылевоздушная смесь в зоне рабочих участков создает неудовлетворительные условия работы. Данные, характеризующие концентрацию загрязняющих веществ на различных рабочих местах доменного цеха, полученные в результате литературного обзора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Удельные выбросы загрязняющих веществ на рабочих местах доменного цеха (при ПДК_{м.р.} для углеродистых пылей 6 – 10 мг/м³)

Рабочий участок	Вещество	Концентрация	Ед. измерен.	В ПДК _{м.р.} для углеродистых пылей
закрытые склады доменного цеха	пыль	1,8 – 22	мг/м ³	До 4
в кабинах кранов склада	пыль	1,7 – 6	мг/м ³	
выбивание пыли из бункеров запаса	пыль	10 – 20	г/м ³	10 – 200
рабочая зона дробилок	пыль	25,7 – 47,3	мг/м ³	4 – 8
рабочая зона виброгрохота	пыль	1000	мг/м ³	100 – 160
рабочая зона горнового	СО	431 – 1041	мг/м ³	22 – 25 ПДК _{м.р.} СО
погрузка пыли на открытые ж/д платформы на расстоянии 5 м от пылеуловителей при отсутствии ветра	пыль	250	мг/м ³	25 – 40

Таких или аналогичных операций перед непосредственным поступлением углеродсодержащего сырья в доменную печь может быть более десятка. Практический опыт показывает, что появление отходов связано не только с особенностями сырья, но и объясняется чисто организационными процессами производства. Проблема управления потоками отходов производственной деятельности при согласовании с потоками других материалов, составляющих единое целое любого производства, является весьма актуальной задачей не только с позиций экологии, но исходя из условий экономики процессов.

Для описания и анализа локальных ресурсопотоков отходообразования в производственных системах представлен простой по своей наглядности метод графопостроений, который позволяет осуществить логически смысловой поиск путей развития и управления различными видами ресурсов при использовании аппарата аналитических преобразований графов в рамках формализованных экосистем с целью защиты окружающей среды.

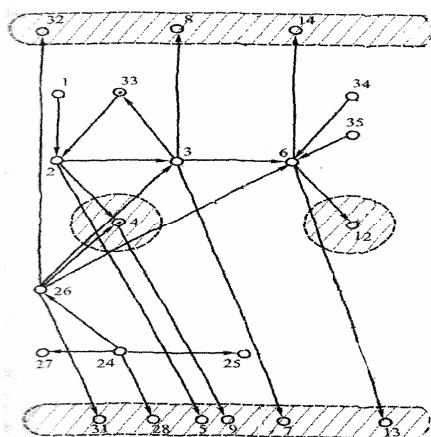


Рис. 1 – Фрагмент обобщенной модели движения углеродсодержащих компонентов в металлургическом производстве

На рис.1 представлен фрагмент графопостроительной модели движения углеродсодержащих компонентов в металлургическом производстве, принимающих участие в доменном производстве. Морфологическая схема, позволяющая читать такую модель, представлена в таблице 2. На рисунке косой штриховкой специально выделены те части потоков углеродсодержащих материалов, которые не имеют товарной ценности и не используются в схемах рециклинга внутри самого производства.

В модели отчетливо видны области накопления основных отходов – шлаки, пыль, газы, а также схемы прохождения материалопотоков, ответственных за их переработку. Такая модель позволяет проследить динамику изменения структуры углеродсодержащего компонента, начиная с угольной шихты до размещения углерода в отходящих газах, пыли, шлаках, готовом продукте.

Анализ основных направлений движения в модели компонентов сырьевой базы, содержащих углерод и его соединения, позволяет получить по возможности замкнутые циклы движения этих материалов или их модификации в рамках одного и того же производства.

Таблица 2 – Морфологическая схема фрагмента модели движения углерода в металлургии

Вершины графа		Дуги графа	
Обозначение	Наименование компонента, в котором изменяется содержание углерода	Обозначение	Наименование функции, которая приводит к изменению содержания углерода в компонентах
1	Железная руда	1,2	Обогащение руды
2	Железорудный концентрат	2,3	Агломерация
		2,4	Образование железосодержащих хвостов
		2,5	Пылеобразование
3	Агломерат	3,6	Производство чугуна
		3,33	Образование невозвратной мелочи
		3,7	Пылеобразование
		3,8	Образование отходящих газов
4	Железорудные «хвосты»	4,9	Пыление «хвостов»
6	Передельный чугун	6,12	Шлакообразование при производстве чугуна
		6,13	Пылеобразование при производстве чугуна
		6,14	Образование доменных газов
24	Угольная шихта	24,25	Сжигание на ТЭС
		24,26	Спекание кокса
		24,27	Местное энергетическое сжигание угля
		24,28	Пыление угольной шихты
26	Готовый кокс	26,3	Подача коксика на аглоленту
		26,4	Образование «хвостов»
		26,6	Подача коксового концентрата в доменную печь
		26,31	Пылеобразование
		26,32	Образование коксового газа
27	Собственные энергоресурсы в пересчете на углерод условного топлива	–	–
33	Агломерационная мелочь	33,2	Возврат мелочи

Анализ реализаций функций преобразования ресурсопотоков в рамках заданных производственных систем, является предпосылкой для прогнозирования и создания перспективных, например, с точки зрения минимизации, ресурсопотоков отходообразования.

Выводы

1. На основе анализа материалопотоков углеродсодержащих компонентов рассмотрена динамика изменения структуры сырьевых материалов, содержащих углерод, которая позволяет проследить поэтапное образование, движение и накопление отходов.
2. Проведенная оценка цикличности производственного процесса позволяет найти варианты развития системы в сторону минимизации отходообразования с последующим управлением использования и переработки отходов.

Перечень ссылок

1. Амелинг Д. Эффективное использование ресурсов – хороший аргумент для стали / Д. Амелинг, Г. Эндельманн // Черные металлы. – 2008. – № 1. – С. 73 – 81.
2. Волошин В.С. Природа отходообразования (в приложении к управлению отходами) / В.С. Волошин. – Маруполь: Рената, 2007. – 666 с.
3. Бешкетто В. К. Перевозка без потерь / В. К. Бешкетто. – М.: Знание, 1975. – 64 с.
4. Борьба с выбросами пыли из отвалов, складов, шихтовых дворов: обзор / К. Драбина [и др.]. – М.: (Информсталь; Вып. 36 (215), 1984. – 30 с.

Рецензент: В.А. Маслов
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 27.02.2009