

Использование аспирационной пыли в качестве материала для динамического легирования

Магистрант гр. 50424022 Курач Д.И.

Студент гр.10404129 Тихончук Д.Г.

Научный руководитель - Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Важнейшими задачами промышленности сегодня, наряду с выпуском качественной продукции, являются снижение ее материало- и энергоемкости и улучшение экологических параметров производства [1].

Одними из главных источников образования крупнотоннажных твердых отходов и пылегазовых выбросов в окружающую среду являются металлургическое и литейное производство. Так в Беларуси, по экспертным оценкам, ежегодно образуется более 800 тысяч тонн металлургических шлаков и не менее 55-60 тыс. тонн аспирационных пылей плавильных агрегатов. Львиную долю этих объемов составляют отходы сталеплавильного производства Белорусского металлургического завода.

Однако, помимо опасности для окружающей среды, жизни и здоровья людей, промышленные отходы содержат значительное количество ценных веществ, извлечение и использование которых могло бы значительно снизить потребности промышленности в исходном сырье. Переработка и повторное использование промышленных отходов является на современном этапе важнейшим направлением ресурсосбережения и защиты окружающей среды во всех индустриально развитых странах [1, 2].

Среди вариантов повторного использования (утилизации) техногенных отходов можно выделить два направления: рециклинг – возвращение в промышленный оборот содержащихся в отходах полезных веществ в соответствии с их первоначальным использованием (например, извлечение из отходов металлов и использование их в качестве шихтовых материалов для получения марочных сплавов) или новое применение отходов в том виде, в котором они находятся (например использование дробленых, прошедших магнитную сепарацию металлургических шлаков в качестве строительных материалов, или окалина – в качестве добавки при производстве цементного шликера) [3].

Утилизация промышленных отходов зачастую осложняется из-за отсутствия достоверных сведений об их составе и свойствах, что усугубляется крайней нестабильностью их параметров. Одним из примеров такой ситуации является проблема утилизации аспирационных пылей плавильных печей. Эти пыли содержат, как правило, большое количество ценных элементов, входящих в состав получаемого в печи сплава, но из-за значительных колебаний состава, высокой дисперсности и неоднородности размеров частиц, присутствия балласта в виде соединений, содержащих компоненты футеровочных материалов, флюсов и загрязнений с поверхности шихты, сегодня практически 100% аспирационных пылей плавильных печей захранивается на полигонах промышленных отходов [2].

С целью определить возможные варианты утилизации были проведены обширные исследования аспирационной пыли электродуговых печей Минского тракторного завода. В общем случае основными компонентами этих пылей являются соединения железа, в первую очередь оксиды (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO), а также ферриты, фаялиты и др., кроме того в них содержатся соединения кремния, кальция, магния, алюминия, цинка, меди (т.е. элементов, входящих в состав флюсов, футеровки печей, загрязнений шихты, примесей). При выплавке легированных сталей в пыли значительно увеличивается содержание компонентов, входящих в состав лигатур (ферросплавов) и легированного лома: Cr, Mn, W, V, Ni, Ti, Mo и др. (таблицы 1, 2 и рис. 1) [4].

Основная масса частичек пыли имеет размеры менее 50 мкм, при этом не менее 50% – это частицы с размерами и от 0,1 до 5 мкм.

Таблица 1 – Результаты элементного анализа аспирационной пыли сталеплавильных электродуговых печей

Наименование источника	Содержание элементов*, масс %												
	Fe _{общ}	C	Mn	Cr	Ni	Cu	Ca	Si	Al	Zn	P	S	Проч
Плавка углерод. сталей	48,3	1,85	2,74	0,32	0,15	0,10	1,80	1,52	1,66	1,12	0,12	0,20	≤3
Плавка легир. сталей	44,8	1,56	4,58	4,67	2,44	0,22	1,65	1,34	1,42	0,64	0,08	0,11	≤3

*Без учета кислорода

Таблица 2 – Результаты фазового анализа пыли, образующейся при выплавке углеродистых сталей в электродуговых печах (по основным выявленным соединениям)

Фаза	Концентрация, %
Магнетит (Fe ₃ O ₄)	45,20
Гематит (Fe ₂ O ₃)	37,64
Вюстит (FeO)	6,17
Алюмосиликат магния (AlH ₆ MgO ₅ Si)	3,24
Оксид кальция (CaO)	2,06
Кварц (SiO ₂)	2,45
Глинозем (Al ₂ O ₃)	1,58

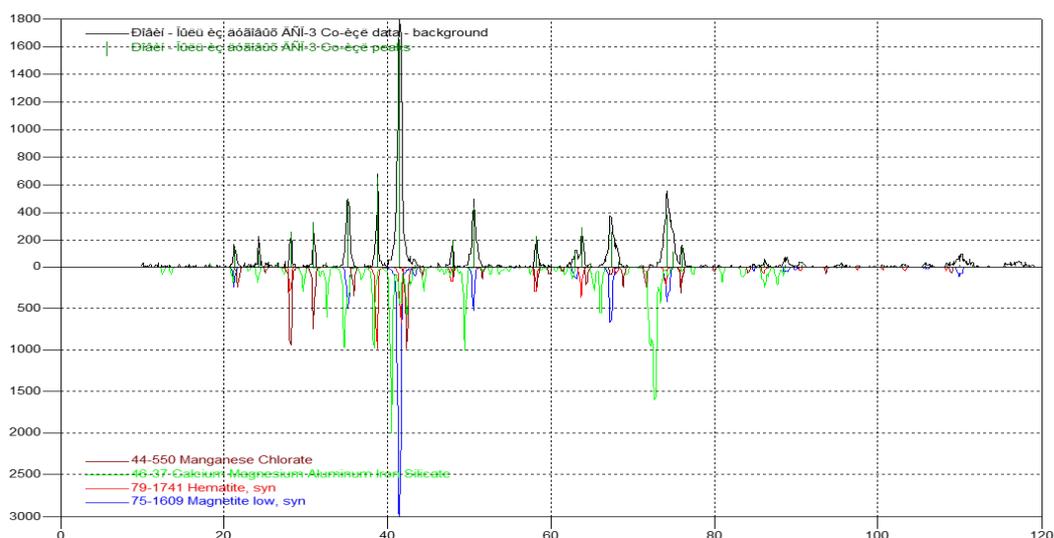


Рисунок 1 - Спектрограмма пыли ДСП при выплавке углеродистых сталей

Структура пылевидных частиц отличается высокой пористостью, неоднородностью, большим количеством поверхностных и внутренних дефектов (рисунок 1). Это предопределяет высокую поверхностную активность и реакционную способность аспирационных пылей и, как показали исследования, значительно ускоряет протекание химических реакций, восстановительных и диффузионных процессов в которых они участвуют. В частности, восстановление железа из аспирационной пыли протекает в 3-4 раза быстрее чем из окалины и при более низких температурах. Аспирационная пыль, образующаяся при выплавке легированных сталей, может использоваться как эффективный модификатор при производстве ответственных отливок из серого и высокопрочного чугуна [5].

Одним из способов утилизации пыли, образующейся при выплавке легированных сталей, может быть ее применение в качестве сырья для динамического легирования сталей. Суть данной технологии состоит в твердофазном легировании стальных заготовок за счет исполь-

зования режимов сверхглубокого проникания (СПП) тонкодисперсных твердых частиц в металлическую матрицу легируемого изделия под действием сверхмощного ударного воздействия с давлением в зоне контакта на уровне 10 ГПа [6].

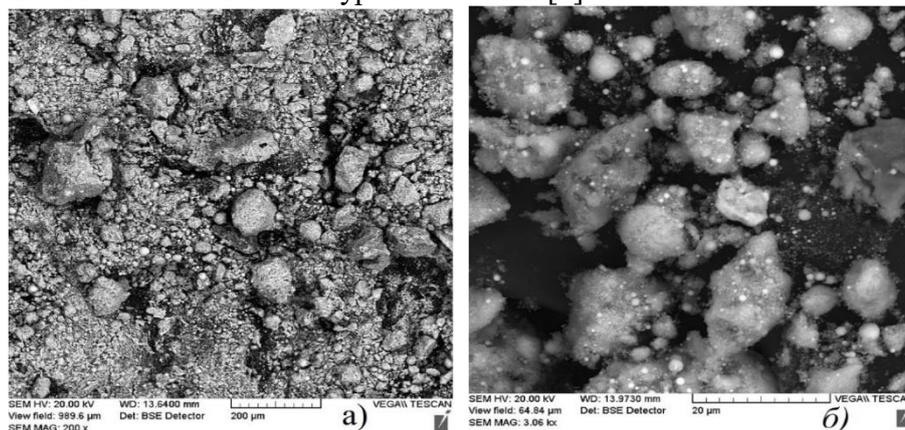


Рисунок 2 - Аспирационная пыль сталеплавильных печей: а×200; б×3000

При таких усилиях возникает специфическая область ударного взаимодействия с микрообъектами, имеющими размеры 1-100 микрон, благодаря которому стабильно наблюдается проникание твердых частиц (ударников) в металлические преграды на глубину до нескольких десятков миллиметров [6].

Внедрение микрочастиц в объем стального твердого тела происходит без предварительного нагрева в условиях кумуляции поля высокого давления. За счет этого в зоне проникания ударников реализуются динамические фазовые переходы, во время которых сопротивление твердого тела (матрицы) резко уменьшается: в период незавершенного фазового перехода возникает состояние, так называемой, сверхпластичности.

При обработке сталей в режиме СПП происходит существенное изменение химического состава твердого матричного материала (фактически холодное легирование) и соответственно значительное изменение его свойств, в первую очередь упрочнение, повышение твердости и износостойкости [6].

Основным сырьем для осуществления упрочнения методом СПП обычно служат специальные весьма дорогостоящие порошковые материалы: либо чистые металлы, либо их карбиды. Использование для этих целей аспирационной пыли, образующейся при выплавке легированных сталей, должно обеспечить не только значительное снижение стоимости исходных материалов и соответственно получаемых изделий, но и утилизацию части образующихся техногенных отходов, а значит и определенный экологический эффект.

Список использованных источников

1. Комарова, Л.Ф. Инженерные методы защиты окружающей среды: учебное пособие / Л.Ф. Комарова, Л.А. Кормина. – Барнаул: изд-во «Алтай», 2000. – 395 с.
2. Юдашкин, М.Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии – изд. 2-е, перераб. и доп. / М. Я. Юдашкин. – Москва: «Металлургия», 1984. – 320 с.
3. Родионов, А.И. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов / А.И. Родионов, В.Н. Клущин, Н. С. Торочешников. – Москва: Химия, 1989. – 512 с.
4. Ровин, С.Л. Классификация и свойства дисперсных металлоотходов / С.Л.Ровин, Л.Е.Ровин // Литье и металлургия. – 2015. – № 2. – С.5–13.
5. Рудницкий, Ф.И. Повышение прочности серого чугуна путем введения в расплав дисперсных добавок/ Ф.И Рудницкий, С.А Куликов, В.А Шумигай// Литье и металлургия. - 2018г., № 3, с. 43-49.
6. Яздани-Черати Дж. Х. Динамическое легирование стали порошковыми сгустками / Дж. Х. Яздани-Черати, В.Г. Шарифзянов, Ю.С. Ушеренко, С.М Ушеренко // Перспективные материалы и технологии: материалы международного симпозиума 22-26 мая 2017: в 2 ч. / под ред. В. В. Рубаника. – Витебск: ВГТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 212-214.