

Литейное материаловедение, специальные способы литья

The first positive results of iron production (recycling) of disperse oxide waste in experimental-industrial rocking furnace are presented.

Д. М. КУКУЙ, БНТУ, Л. Е. РОВИН, ГГТУ им. П. О. Сухого, С. Л. РОВИН, УП «ТЕХНОЛИТ», В. А. МАТОЧКИН, С. В. ТЕРЛЕЦКИЙ, В. Н. ПРОХОРЕНКО, РУП «БМЗ»

УДК 621.745:669.131

ПОЛУЧЕНИЕ ЧУГУНА ИЗ ОКАЛИНЫ В РОТАЦИОННЫХ ПЕЧАХ

Рост образования и накопления металлоотходов – одна из наиболее актуальных проблем современной индустрии. Особенно трудно решается задача их переработки (рециклинга) применительно к оксидным отходам: окалине или ее гидратированной форме – ржавчине, пылям, образующимся при плавке и улавливаемым очистными сооружениями, шламам гальванической обработки, пылям, образующимся при очистке поверхностей металлоизделий, резке, обнажачивании и т. п.

В странах, имеющих полнопрофильное металлургическое производство, включающее доменные печи, горно-обогатительные комбинаты с печами обжига и прямого восстановления, рециклинг оксидных металлоотходов осуществляется,

но в неполном объеме (рис. 1). Отходы содержат те же оксиды, что и железные руды, и, следовательно, агломерат из окалины или рудного концентрата может также успешно переплавляться в доменный чугун, хотя и требуется, естественно, корректировка технологии. То же относится и к производству металлизированных окатышей на ГОКах.

В последние годы активно ведутся изыскания в области прямого (внедоменного) получения железа (стали): процессы Hismelt, Corex, Redsmelt, Primus, российский Ромелт и др. Пока они не вышли из опытно-промышленной стадии, достаточно сложны и энергоемки и существуют лишь в единичных экземплярах в некоторых странах. При этом как классический доменный цикл, так

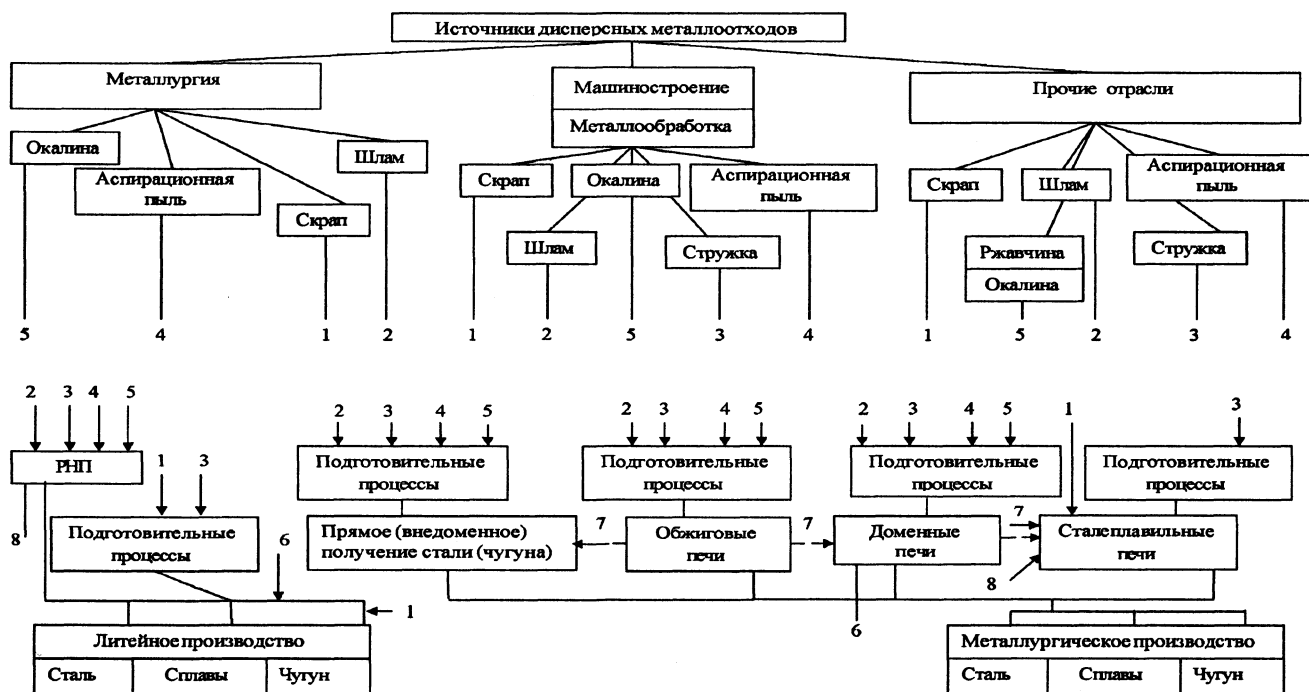


Рис. 1. Схема рециклинга металлоотходов

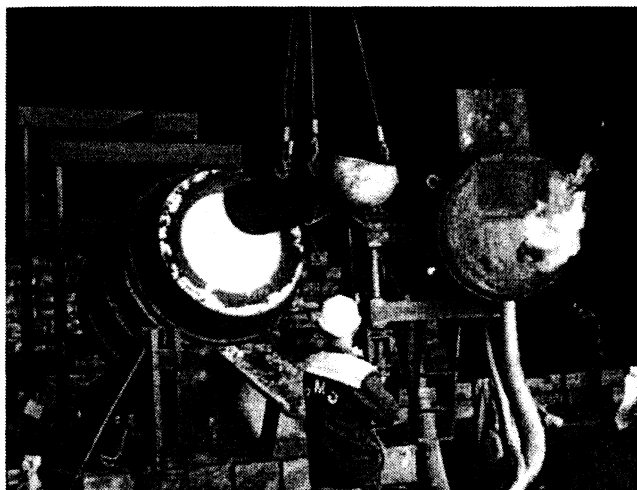


Рис. 2. Загрузка окалины в ротационную наклоняющуюся печь РУП «БМЗ»

и прямые способы производства стали могут быть рентабельными только при «металлургических» масштабах, порядка миллионов тонн в год. Создание подобного производства требует соответствующих капиталовложений, сроков реализации и окупаемости и, что является решающим, наличия соответствующей сырьевой базы.

Для Республики Беларусь, где окисных металлоотходов образуется более 200–250 тыс. т в год, а источники рассредоточены по сотням объектов, очевидно, этот путь вряд ли может быть приемлемым в ближайшей перспективе.

Вместе с тем, появление печей нового типа РНП – ротационных наклоняющихся печей [1], создает предпосылки для разработки принципиально новой технологии: производства чугуна (стали) из дисперсных металлоотходов, включая окисленные, в одном агрегате без предварительной подготовки или многостадийной доводки в технологической цепочке, как это осуществляется при известных способах.

Многостадийная технология, необходимая для получения железа из низкосортного сырья, может быть осуществлена в РНП – едином агрегате без перемещения материала из объекта в объект благодаря технологической гибкости таких печей. В РНП достаточно легко обеспечивается и регулируется тепловой, динамический и химический режимы. Печи позволяют в ограниченном объеме последовательно создавать требуемый режим нагрева, сушки, разложения, газификации, окисления-восстановления и других физико-химических процессов, для которых, как правило, требуются или цепочка технологических агрегатов, или агрегаты большой протяженности как шахтные или карусельные «зонные» печи. В последнем случае необходимость в дополнительных

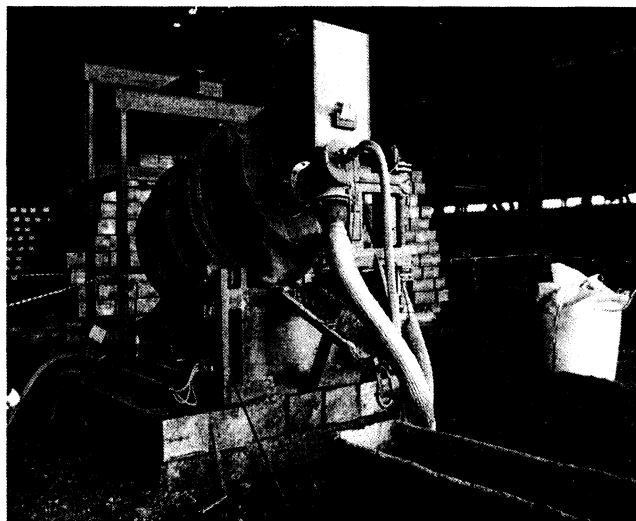


Рис. 3. Ротационная наклоняющаяся печь в работе

агрегатах для доводки сплава или подготовки шихты сохраняется.

В РНП осуществляется совмещение различных технологических процессов по месту, но разделение по времени в соответствии с режимной картой и данными пооперационного контроля.

Печи такого типа впервые появились в последние два десятилетия, что для металлургического объекта период небольшой (в сравнении с другими типами печей) и активно используются при переплавке и рециклинге цветных сплавов от свинца до алюминия, переплавке стружки черных металлов и др.

Возможность восстановления смесей FeO , Fe_2O_3 , Fe_2O_4 с дисперсными углеродсодержащими материалами была предварительно исследована в лабораторных условиях в стационарных и динамических слоях. Затем для отработки режима восстановления и практической проверки производственных возможностей процесса рециклинга окисных отходов был разработан УП «Технолит» (г. Минск) и ГГТУ им. П. О. Сухого (г. Гомель) опытно-промышленный вариант РНП емкостью 0,5 т, который был изготовлен и смонтирован на РУП «БМЗ» (рис. 2, 3). Печь работает на природном газе. Для повышения температуры в заключительный период плавки в печь вводится кислород. Расходы кислорода, газа, воздуха, их соотношение, температура в печи и отходящих газов, содержание CO , расходы и составы шихтовых материалов, температура расплава, количество полученного металла, его состав и структура контролируются.

Процесс получения чугуна из окалины или других дисперсных окисленных железосодержащих отходов в основном состоит нескольких стадий.

1. Разогрев печи до температуры 700–900 °С, загрузка шихты, состоящей из окалины (или других упомянутых материалов), восстановителя, в качестве которого используются коксик, уголь, отходы графита, лигнин или другие углеродсодержащие материалы. Проверяли также возможности последовательного разогрева материалов.

2. Нагрев шихты при медленном вращении корпуса печи 1–3 об/мин и включении горелки на 0,7–0,8 мощности при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,0–1,1$ до 900–1100 °С. При этом осуществляются естественно сушка, выжигание примесей и загрязнений и частичная газификация углеродсодержащих материалов.

3. Перевод работы печи в режим твердофазного восстановления: температура 1100–1200 °С, атмосфера в печи восстановительная ($CO > 20\%$), скорость вращения 3–5 об/мин. В этот период горелка переводится на работу при $\alpha \leq 0,8–0,7$ и максимальной подаче газа. В шихту добавляются флюсы: известняк (или в эквиваленте известь, доломит и т. п.), в случае необходимости – алюминий (в виде металлоотходов или чушковой), жидкое стекло и восстановитель. Через каждые 20 мин отбираются пробы материала. После образования металлизированных фракций осуществляется переход к стадии 4.

4. Перевод печи в режим жидкофазного восстановления и доводки сплава. С этой целью в печь подается кислород (в факел горелки), температура поднимается до 1800–1850 °С. Скорость вращения печи снижается до 1–2 об/мин. После расплавления, довосстановления и перегрева сплава отбирается проба. В случае необходимости производится доводка путем введения в ванну расплава присадок и затем выпуск расплава из печи в изложницу или подготовленные формы.

В первых опытах не ставилась задача получения марочных сплавов, главной целью было добиться максимально возможного восстановления железа из оксидных металлоотходов. На рис. 4 показаны графики, иллюстрирующие ход и эффективность процесса рециклинга в РНП прокатной

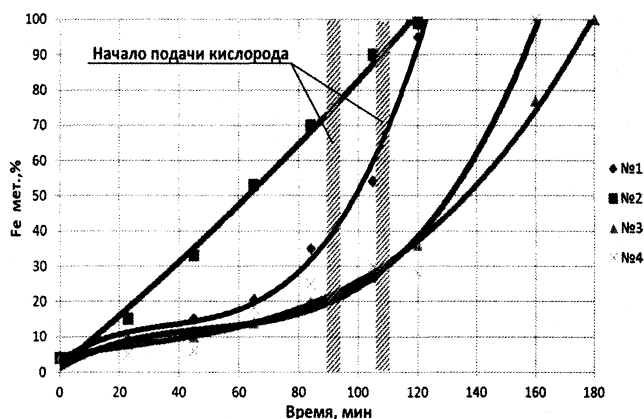


Рис. 4. Процесс восстановления окалины

окалины при различных соотношениях (по времени) стадий твердо- и жидкофазного восстановления. При оптимальных вариантах технологии эффективность восстановления приближалась к теоретически возможному: в зависимости от состава исходного соотношения оксидов – 68–73%. Из 300–350 кг окалины (одна завалка) удавалось получить 200–220 кг низкоуглеродистого чугуна (см. таблицу). При этом удельный расход восстановителя (коксика) составляет в пересчете на 1 т завалки 400–420 кг, известняка или доломита – 150–170, алюминия – 35–50 кг, расход газа – 120–150 м³/т (с учетом того, что в данной печи малого объема КПД примерно ниже, чем в печах емкостью 5 т и более, где он составляет ~ 50–55%), расход кислорода – 55–70 м³/т.

Стоимость получаемого чугуна, который рассматривался нами как шихтовой материал для электроплавки марочных сталей и чугунов, составляет ориентировочно 125–135 \$ за 1 т. Конечно, данные цифры не могут рассматриваться в качестве итоговых, так как затраты на опытных и производственных печах различны и можно ожидать, что при промышленном производстве чугуна из окалины (ржавчины), пыли, шламов и других металлоотходов в РНП себестоимость полученного продукта будет заметно ниже. Кроме того, этот процесс решает проблему отходов в металлообработке, т. е. имеет существенное экологическое значение. Не менее важным вопросом

Состав материалов рециклинга (по четырем плавкам, %)

Окалина			Металл					Шлак					
Fe _{общ}	FeO*	Fe _{мет.}	C	P	Si	S	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	Mn
55,8	56,3	3,4	2,8	0,01	0,2	0,07	0,1	11,0	21,3	3,0	29,5	28,0	2,0
69,2	60,0	2,2	3,1	0,02	0,4	0,14	0,2	11,0	26,5	3,5	28,0	25,0	2,5
71,3	61,1	1,5	2,2	0,02	0,8	0,08	0,5	15,9	36,0	3,7	20,0	20,0	3,1
73,5	79,8	6,5	2,9	0,01	0,6	0,11	0,5	18,8	32,8	2,8	12,0	31,5	2,0

* Доля от Fe_{общ}.

является возможность импортозамещения дорогостоящих шихтовых материалов.

В будущем данный процесс может быть существенно расширен путем применения его для переработки белорусских железных руд. РНП мощностью 10–20 т/ч, использующие дешевую местную руду, а в качестве восстановителей – уголь,

торф или лигнин, также имеющиеся в Республике Беларусь в достаточном количестве, позволили бы существенно сократить зависимость РБ от импорта черных материалов. Возможно, это создало бы предпосылки на новой технической базе возродить в Беларуси когда-то развитую полнопрофильную металлургию железа.

Литература

1. Пат. ВУ 4989 Республика Беларусь. Ротационная наклоняющаяся печь для выплавки чугуна, стали и других тугоплавких сплавов из дисперсных и кусковых материалов.