

## МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТОПЛИВО-ПЛАВИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВАНИИ ИСПЫТАНИЯ В ПЕЧИ И М Е Т

Г. Г. КРИНИЦИН, В. С. АРХИПОВ, С. И. СМОЛЬЯНИНОВ

(Представлена научно-методическим семинаром химико-технологического факультета)

Лабораторные испытания на прочность и восстановимость торфорудных формовок дают основания для опытной промышленной проверки ТПМ. Однако не известно, как поведет себя этот принципиально новый материал в условиях противотока газов и шихты, при шлакообразовании, насколько большие помехи создадут газ и смола пиролиза торфа. Наконец, существенное значение имеет состав доменных газов как сырья для химической переработки.

Все эти вопросы могут быть разрешены только в условиях доменного процесса. Проведение достаточного количества плавов в промышленных и даже полупромышленных условиях потребовало бы чрезвычайно больших затрат (материальных). Поэтому предварительные испытания решено было провести на лабораторной доменной печи Института металлургии им. А. А. Байкова. Подобные установки не раз применялись при исследованиях в доменном производстве [1, 2]. Сотрудники института металлургии отмечают, что специфические особенности лабораторной шахтной печи ИМЕТ не позволяют ее считать моделью доменной печи, а скорее — особым укрупненным лабораторным прибором для комплексного сравнительного металлургического испытания небольших количеств новых шихтовых материалов в условиях противотока в восстановительной среде при большом градиенте температур от 450—500°C на колошнике до 2300°C в очаге горения кокса на фурмах [3].

Количество топливо-плавильного материала характеризуется по результатам плавки следующими показателями: ход печи, показатели интенсивности хода, материальный баланс, характеристика материалов, извлеченных из печи, причем в основу всех оценок кладется сравнение. Результаты плавки на ТПМ сравниваются с результатами плавки на стандартной шихте. Такой способ оценки позволяет с большей или меньшей достоверностью экстраполировать полученные данные на промышленные печи. В качестве стандартной применялась шихта, состоящая из кокса, легковосстановимой руды и известняка. Экспериментальная шихта состояла из топливо-плавильных материалов, флюсов (красный кирпич и известняк) и кокса, который добавлялся ввиду больших теплотерь лабораторной доменной печи.

Ход печи позволяет судить о поведении испытываемого материала. Если материал прочен и сохраняет свою структуру до зоны фурм, то

печь принимает дутье без задержек, не наблюдается обвалов, скачков давления дутья. Непрочный материал под влиянием термических и механических нагрузок начинает разрушаться, мелочь и пыль забивает проходы и каналы в столбе шихты, у фурм появляются темные куски непрогретых материалов, давление дутья резко изменяется при затруднениях в проходе газов. При переходе со стандартной шихты на экспериментальную не было замечено никаких осложнений, связанных с применением непрочных материалов. Ход печи за время испытаний был исключительно ровным, причем скорость схода шихты значительно возросла. Повышение скорости хода печи является вполне закономер-

Таблица 1

Технический анализ топлива, используемого при опытной плавке

Вид топлива	Ас %	Vг %	W <sup>a</sup> %	Sс %	С <sup>тв</sup> %	Размер куска мм
Кокс	9,7	1,0	2,8	1,85	87,5	25—40
Торфо-рудный материал	27,4	57,0	—	—	15,6	25—40

ным. Данные технического анализа говорят о том, что в торфо-рудной формовке 57% летучих веществ (табл. 1). Летучие удаляются в основном до температуры 800—850°C. Это приводит к значительной объемной усадке материалов в шахте печи. Необходимо также учитывать, что торфокоск, образовавшийся в результате температурной обработки, сгорает в зоне фурм с гораздо большей скоростью, нежели каменноугольный кокс. В связи с односторонностью и равномерностью по ситовому составу экспериментальная шихта обладает хорошей газопроницаемостью. Сумма этих факторов дает повышение скорости прохождения материалов по шахте с 30, 50 подач в час до 38,6 и сокращением времени пребывания материалов в шахте с 1 часа 42 мин. до 1 часа 21 мин, т. е. на 20%.

В то же время заметно понизилась температура в шахте печи. Понижение температуры в шахте печи при переходе на торфяное топливо замечалось исследователями ранее [4]. Результаты измерений температуры по глубине шахты при работе на стандартной и экспериментальной шихте, проведенных при помощи платино-платинородиевой термопары, показывают (рис. 1), что произошло снижение температуры по всем горизонтам шахты печи. Тем не менее температура в зоне горения не понижалась, а по некоторым наблюдениям даже увеличивалась. Понижение температуры объясняется совмещением процесса коксования торфа и восстановления руды. Кратковременность плавки на экспериментальной шихте не позволяет сделать обоснованные выводы о влиянии этого явления на тепловой режим.

Интенсивность хода печи выражается коэффициентом использования полезного объема печи (КИПО), временем пребывания материалов в печи, интенсивностью горения в фурменной зоне в кг на 1 м<sup>2</sup> сечения.

КИПО определяется как полезный объем печи, приходящийся на тонну суточной выплавки чугуна. КИПО обратно пропорционален интенсивности хода только при постоянном расходе материалов. Он может принимать разные значения при неизменной интенсивности хода, но меняющемся качестве сырья. Результаты испытаний показали, что КИПО увеличился с переходом на экспериментальную шихту с 0,668 до 0,821 м<sup>3</sup>/т сутки. Значительную роль в этом изменении сыграло качест-

во сырья. Ввиду высокого выхода летучих объемный расход экспериментальной шихты на единицу металла выше, чем стандартной шихты, что вызвало и увеличение КИПО. Поэтому в данном случае КИПО не отражает фактически увеличившуюся интенсивность процесса.

При переходе со стандартной шихты на экспериментальную интенсивность горения кокса уменьшалась с 535 кг/м<sup>2</sup> час до 488 кг/м<sup>2</sup> час. Причина этого явления заключается в том, что количество нелетучего углерода на единицу веса шихты было снижено в экспериментальной шихте до 35% по сравнению с содержанием его в стандартной шихте, которое составляло 53%. Таким образом, сопоставление интенсивности горения носит в этом случае весьма условный характер.

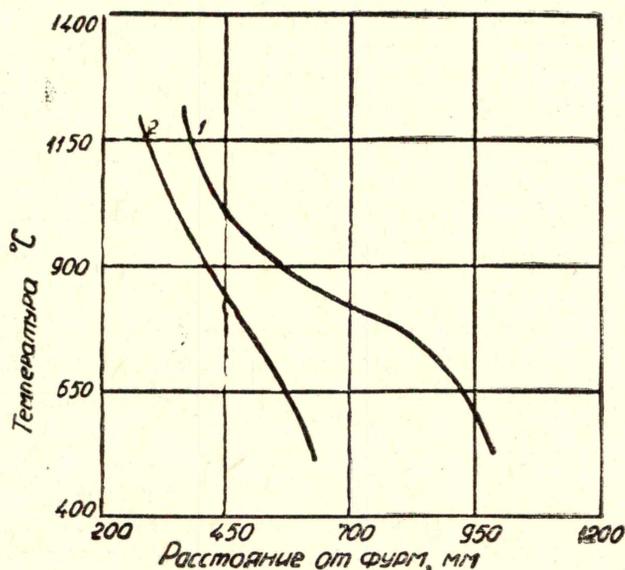


Рис. 1. Распределение температур: 1 — плавка на руде, 2 — плавка на ТПМ

По внешнему виду материалов, извлеченных из печи, можно судить, как они изменяются при движении от колошника до горна. Анализ показывает, как протекает восстановление железа. Особенно важна картина в зоне фурм, где материал испытывает особенно сильные термические и механические воздействия. Механически и термически нестойкий материал будет давать большое количество мелочи, замусоривающей горн и затрудняющей движение газов. Отсутствие опыта в работе с шихтой, подобной экспериментальной, привело к тому, что после остановки печи в процессе ее охлаждения формовки, расположенные в верхней части шахты, были озолены до горизонта 500 мм над уровнем фурм. Естественно, наличие воздуха в охлаждающейся доменной печи повлияло на свойства и того материала, который не был озолен. Разборка сохранившихся материалов показала, что в процессе движения материал меняет свои свойства: он подвергается значительной усадке и в зависимости от температуры меняет прочность, частично разрушаясь, в основном сохраняет форму до зоны максимальных температур. Прочность материала при этом заметно понижается. Казалось бы, что такой материал должен разрушаться в жестких условиях печи ИМЕТ, приводя к осложнениям в ходе печи, как указано выше. Однако на практике этого не наблюдалось, что подтверждается и материальным балансом. Материальный баланс позволяет оценить прочность материала, с точки зрения уноса шихты в виде пыли. Разрушающийся и непрочный материал дает высокие значения уноса мелочи с газами. Особенную цен-

Таблица 2

## Результаты химических анализов ТПМ, извлеченных из домны

№ п. п.	Место отбора пробы формовки	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>общ</sub>	Fe <sub>мет</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	п. п. п.
1	Верх столба шихты (озолен)	10,07	5,60	10,07	1,57	42,29	—	5,30	51,59	1,47	10,07
2	Горизонт 600—700 мм над фурмами	11,19	6,20	9,78	0,38	48,02	—	1,71	66,76	1,16	0,67
3	Горизонт 500мм	11,26	7,80	9,26	1,49	48,16	—	1,70	66,98	1,32	0,55
4	" 400"	8,27	5,47	8,00	1,23	35,30	—	10,37	36,40	0,92	27,96
5	" 300"	7,04	5,24	7,41	1,00	32,52	18,30	13,74	5,10	1,11	30,50
6	" 200"	8,35	6,49	8,08	0,97	38,00	37,60	0,11	0,40	1,42	21,08
7	" 100"	8,53	6,36	8,27	0,97	36,00	32,22	4,20	3,60	1,71	23,19
8	Горизонт фурм (обгоревш)	8,10	6,33	10,57	0,85	37,55	36,01	1,27	0,78	2,7	17,98
9	Межфурменное пространство	8,39	4,00	8,25	1,78	36,00	35,90	—	0,14	1,49	23,64
10	Зона горения	8,31	4,34	8,62	1,82	37,00	34,61	2,95	0,14	2,85	22,00
11	Горизонт 100мм ниже фурм	8,02	4,26	7,71	0,37	40,50	35,93	3,21	2,97	1,33	20,50

ность представляет баланс по железу, который показывает, какая часть железа вылетала с пылью. Нормальным считается унос железа не более 20%. Расчеты показывают, что унос железа составил 6,2%, что свидетельствует о достаточно высокой прочности ТПМ. В то же время механические характеристики материалов, извлеченных из печи, не подтверждают такого вывода. Поэтому необходимо провести дальнейшие исследования для уточнения поведения ТПМ в печи.

Изменения в химическом составе формовок даны в табл. 2. Наиболее интересным является процесс восстановления железа. Как видно из таблицы, уже в зоне 300 мм над уровнем фурм, где температура равна 750°C, количество восстановленного железа составляет 56%. В последующем горизонте степень восстановления составляет 99%. Таким образом, железо при входе в зону высоких температур находится практически в восстановленном состоянии.

Сравнение рассмотренных показателей не выявляет каких-либо факторов, категорически препятствующих применению ТПМ в доменной печи, и показывает принципиальную возможность применения торфяных формовок для выплавки чугуна.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тэйлор, Лоуни, Хэй. Исследование фурменной зоны горения. Проблемы современной металлургии. Изд. ИЛ, № 2 (38), 1958.
  2. И. Ф. Коваль. К вопросу о влиянии температуры доменного дутья на размеры окислительной зоны. «Сталь», № 6, 1959.
  3. Отчет по работе «Проведение опытной плавки в укрупненной лабораторной доменной печи и металлургическая оценка торфо-рудных брикетов Томского политехнического института. Институт им. А. А. Байкова, Москва, 1966.
  4. Н. П. Чижевский. Торф в доменной печи. «Сталь», № 10, 1933.
-