

Основой экономики металлургии чугуна является снижение расхода твердого топлива – кокса. Последние 50 лет расход кокса на современных доменных печах снизился практически вдвое. В настоящее время с применением пылеугольного топлива (ПУТ) выплавляется около 1 млрд. т чугуна в год более чем в 30 странах мира.

Обобщение опыта применения ПУТ за рубежом дает основание считать, что для достижения высокой эффективности плавки с высоким расходом ПУТ (150-250 кг/т чугуна) с заменой 30-50 % кокса необходимыми компенсирующими мероприятиями являются: температура дутья ≥ 1150 °С; содержание кислорода в дутье ≥ 25 %; кокс с горячей прочностью $CSR \geq 65$ % и реакционной способностью $CRI \leq 25$ %; расход флюса в шихту 0-20 кг/т чугуна; выход шлака, кг/т чугуна менее 350 кг/т чугуна; давление газа на колошнике $\geq 1,5$ ати; расход коксового орешка в смеси с железорудной шихтой 20-120 кг/т; теханализ ПУТ, %: $A^{\circ} \leq 8$; $S \leq 0,8$; зольность и сернистость ПУТ должны быть ниже, чем в используемом коксе; комплекс современного оборудования и приборов по контролю за технологией плавки с применением ПУТ: термометры, пирометры для замера температуры чугуна, уравнимеры и профилемеры, термозонды для замера температуры колошниковых газов, аппаратура для контроля фракционного состава ПУТ и др.

В Украине первый ПУТ – комплекс введен в эксплуатацию в 1980 г. на Донецком металлургическом заводе. Затем последовали: ПАО «АМК» -2009г., ПАО «МК «Запорожсталь» - 2010г., ПАО «ММК им. Ильича» - 2012г., ПАО «Днепропетровский МК им. Дзержинского» – 2014г., ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» - 2015г.

Для реализации ПУТ-технологии в 2016 г на Енакиевском металлургическом заводе (ЕМЗ) фирмой Kuttner построена современная ПУТ-установка. Для производства ПУТ поставляется кузнецкий слабо-спекающийся уголь марки СС (0-50 мм) с содержанием золы 7%, серы 0,2%, вполне отвечающий требованиям указанной технологии.

ДП-3 полезным объемом 1719 м³ в базовом периоде работала с вдуванием ПГ, температурой дутья 1100 °С и содержанием кислорода в дутье 22,67 %. Поэтому ресурсы компенсирующих мероприятий были значительно ограничены и компенсировались выводом из состава дутья природного газа. Применение ПУТ в 1-м опытном периоде позволило при практически неизменной производительности печи снизить расход кокса на 41,2 кг/ т чугуна (8,66 %) и ПГ на 58,3 м³/ т чугуна.

Суммарный коэффициент замены кокса углем составил 0,31 и 0,56 кг/кг в 1-м и 2-м опытных периодах. При этом перерасход кокса за счет вывода ПГ составил 46,64 кг/т чугуна.

Низкая степень использования восстановительного потенциала газов определяет повышение расхода кокса. В отечественной и зарубежной практике выплавки чугуна использования восстановительного потенциала газов составляет 45-55%, что наравне с другими факторами обеспечивает снижение расхода кокса до 250-350 кг/т чугуна. Основной причиной низкого значения степени использования газа в условиях ЕМЗ является низкое и нестабильное качество кокса (показатель $CSR=45-55\%$).

Во 2-м опытном периоде повышена эффективность компенсирующих мероприятий: увеличено содержание кислорода в дутье (2,44 %), повышена теоретическая температура горения (95°С), снижены расход конвертерного шлака (47,2 кг/т чугуна) и основность шлака (0,05 единиц), благоприятно изменился состав железорудной части шихты (+323,9 кг/т чугуна агломера ЮГОК). Это позволило повысить до 138,8 кг/т чугуна расход ПУТ, снизить расход кокса (77,6 кг/т чугуна, 16,3 %), повысить производительность печи (370 т/сут, 10,5 %).

Теоретическая температура горения в 1-м и 2-м опытных периодах повысилась до 2207 и 2215°С (на 87 и 95 °С), что вполне отвечает требованиям технологии.

Таблица 1 - Показатели работы ДП-3 ЕМЗ

Показатели	Периоды		
	16.03- 21.04.2016 (базовый)	10- 31.07.2016 (1-й опыт- ный)	3.10- 15.11.2016 (2-й опыт- ный)
Технологические показатели:			
Производительность т/сутки	3142,7	3176,6	3512,77
Расход топлива, кг(м ³)/т чугуна:			
кокс	475,6	434,4	398
коксовый орешек	34,0	34,5	34,2
ПУТ	0	131,3	138,8
ПГ	58,3	0	0
Расход сухих материалов, кг/т чугуна:			
агломерат ЕМЗ	769,8	373,9	813,9
агломерат ЮГОК	0	456,9	323,9
окатыши СевГОК	904,7	801,4	520,9
известняк	35,8	43,4	23,6
конвертерный шлак	96,3	69,5	49,1
Дутье: расход, м ³ /т чугуна	1460	1499	1353
содержание кислорода, %	22,76	23,35	25,2
температура, °С	1100	1100	1100
давление, атм	2,79	2,82	2,83
Степень использования СО, %	35,03	35,04	35,96
Содержание в чугуне, % : Si	0,66	0,64	0,60
S	0,074	0,081	0,082
Выход шлака, кг/т чугуна	416,8	383,3	397,4
Основность шлака, CaO/SiO ₂	1,09	1,09	1,04
Расчетные показатели:			
Теоретическая температура, °С	2120	2207	2215
Выход горновых газов, м ³ /т чугуна	1859	1875	1718
Выход восстановительных газов, м ³ /т чугуна	781,14	777,17	770,33
Степень прямого восстановления, %	30,76	32,44	27,71
Приход серы с шихтой, кг/т чугуна	6,07	6,04	5,06
Расход условного топлива, кг/т чугуна	582,0	606,0	602,0
К.п.д. использования тепла печи, %	82,58	78,26	80,92
Определяющие показатели:			
Рудная нагрузка, т/т кокса	3,49	3,63	3,97
Выход шлака, кг/т кокса	839	821	925
Выход горнового газа, м ³ /т кокса	3820	4335	4188
Приход мелочи с шихтой, кг/т кокса	241,0	264,5	305,7
Скорость газа в распаре, м/с	10,24	11,62	9,83

Таким образом, в результате освоения ПУТ-технологии на ЕМЗ расход кокса снизился в опытных периодах на 41,2 кг/т чугуна (8,6%) и 77,6 кг/т чугуна (16,3%). Производительность печи повысилась на 33,9 т/сут (1,07 %) и 370 т/сут (11,77%).