

АССОЦИАЦИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬЩИКОВ
АО "ЧЕРМЕТИНФОРМАЦИЯ"

629816
Т-482

**ТРУДЫ ТРЕТЬЕГО
КОНГРЕССА СТАЛЕПЛАВИЛЬЩИКОВ**

(Москва, 10-15 апреля 1995 г.)

1/4

629816

Москва

1996 г.

Центральный
абонемент ОНТИ

Центральный
абонемент ОНТИ

количество швов, но и уменьшается расстояние между ними, что приводит к дополнительному росту термических напряжений в межсопловых участках нижней тарелки и, как следствие, к разрушению сварных швов, соединяющих ее с корпусами сопел. Поэтому число сопел в наконечнике (при обеспечении нормального хода продувки плавки) должно быть минимальным. Промышленное опробование двух серий фурм с четырьмя основными продувочными соплами ($d_{кр} = 47$ мм; $M_c = 2,30$) и центральным соплом меньшей пропускной способности показало, по сравнению со штатной (5+1ц) сопловой фурмой стабильное увеличение стойкости головы до 200 и более плавков (в 5 раз), а стойкости фурм до снятия для удаления настывки — в 8-10 раз. Основным видом разрушений (4+1ц) — сопловых наконечников (более 50 %) является сильная эрозия (разгар) выходных участков сопел.

Эрозионный износ продувочных сопел приводит не только к снижению стойкости фурм, но и усложняет управление процессом, изменяя параметры истекающих струй. Как показал анализ нестационарного теплообмена в системе "охлаждающая вода-сопло-кислородный поток-реакционная зона", всего через 2-3 мин после начала нагрева в стенке сопла устанавливается квазистационарное состояние. Выходная кромка прогревается до температур порядка 400-600 °С, причем перепад температур по толщине стенки сопла незначителен (1-3 К/мм), а градиент температуры в продольном направлении достигает 10 К/мм в выходном участке и

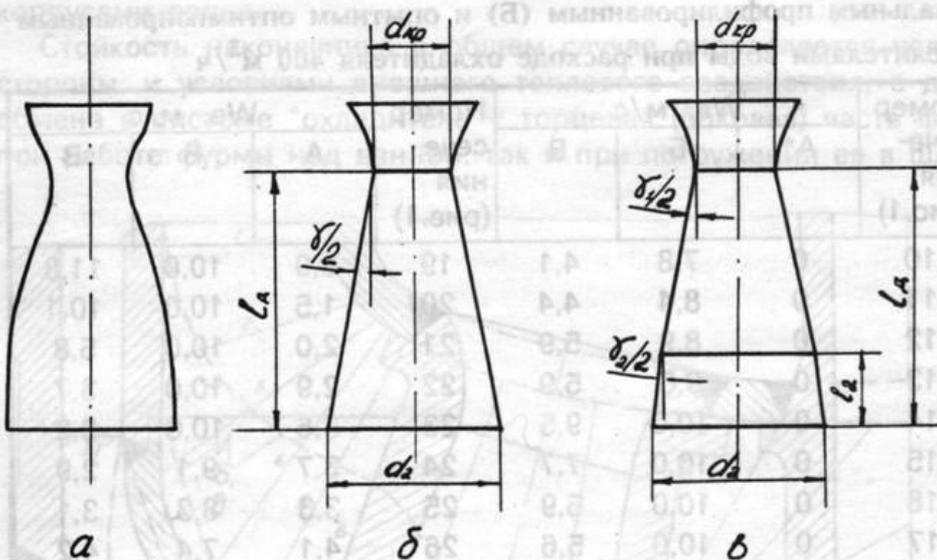


Рис.2. Типы сверхзвуковых сопел: с профилированным (а), с коническим (б), с двухчастковым коническим (в) диффузорами

далее уменьшается по длине сопла. При скорости воды $W_b = 1$ (застойная зона) температура выходной кромки t_k сопла (в этих условиях оно охлаждается практически только кислородом) достигает значений плавления меди. Происходит постепенное оплавление кромок (с последующим "сдвиганием" расплавленной меди) и быстрому выходу головки из строя.

Для снижения интенсивности эрозионного износа была разработана и опробована новая конструкция сверхзвукового сопла с двухчастковым диффузором (рис.2), позволяющая проводить стабильную продувку ванны в широком диапазоне изменения давления кислорода перед фурмой.

Средняя стойкость серии из пяти опытных (5+1ц) — сопловых наконечников с улучшенной системой охлаждения, снабженных основными соплами с двухчастковым диффузором ($d_{кр} = 42$ мм; $M_c = 2,23$; $\gamma_2 = 2^\circ$; $l_2 = 14$ мм) оказалась равной 177 плавков. При этом средняя по цеху стойкость наконечников фурм (середина 1994 г.) поднялась до уровня 170 плавков.

С.К.Носов, В.Ф.Коротких, И.М.Шатохин, А.Л.Кузьмин,
А.Д.Носов, О.А.Николаев, А.А.Степанова,
А.А.Ковалев, В.Н.Кунгурцев, Е.Н.Ишметьев
(АО "ММК", фирма "Эталон")

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРОБОВАНИЯ ФУРМЫ С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ НАКЛОНОМ СОПЕЛ

С момента ввода в эксплуатацию конвертерного цеха использовались 6-сопловые кислородные фурмы с диаметром в критическом сечении сопла 38-42 мм и с обычно принятых радиальным расположением сопел.

Впервые фурмы с тангенциальным наклоном сопел в условиях конвертерного цеха ММК были опробованы в декабре 1993 г. — январе 1994 г. Их опробование было вызвано необхо-

димостью нивелировать трудности в процессе шлакообразования конвертерной плавки, вызываемые применением низкомарганцовистого чугуна, низким качеством и недостатком извести.

Анализ результатов первых опытных плавков показал, что для достижения оптимальных технологических параметров требуется изменение режимной карты продувки. Такие карты нами разработаны и опробованы.

Продувка плавков опытными фурмами проходила более "мягко", с уменьшением выносов металла и выбросов шлака, с более равномерным выделением оксида углерода из ванны, т.е. с уменьшением вероятности "сворачивания" шлака по ходу продувки.

После испытания первых фурм было принято решение о проведении промышленных опытов с их использованием. Одновременно ставилась задача определения возможного влияния продувки фурмами этой конструкции на службу огнеупорной футеровки конвертеров.

Опытную серию плавков проводили в течение кампании конвертера № 2 с 25 апреля по 28 мая 1994 г. В качестве сравнительной была взята предыдущая кампания этого же конвертера при работе с фурмами обычной конструкции. В обоих случаях футеровка конвертера была выполнена из периклазо-хромитового кирпича.

Результаты промышленных опытов представлены в табл.1.

Таблица 1. Результаты испытаний фурм с тангенциальным наклоном сопел

Кампания	Расход материалов, т			Химический состав, %								Шлак		Температура металла
	чугун	лом	известь	чугун			металл				Σ FeO	В		
				Si	S	P	C	Mn	S	P				
Опытная	306,1	76,5	24,3	0,650	0,028	0,065	0,040	0,060	0,027	0,007	27,2	3,9	1649	
Обычная	303,2	76,5	20,1	0,670	0,028	0,069	0,040	0,060	0,030	0,008	27,6	3,6	1649	

Продолжение таблицы

Кампания	Расход кислорода 10 ³ м ³	L _s	L _p	Додувки			Стойкость конвертера, число плавков	Число торкретирований	Стойкость фурм, число плавков
				t	S	Σ			
Опытная	19533	3,6	141	32,4	3,7	38,9	562	48	148
Обычная	19737	3,5	141	39,9	11	57,1	441	41	55

Как видно из представленных данных, на опытных плавках расход чугуна был на 2,9 т выше, а лома тот же, что и на сравнительных. Химический состав чугуна был примерно одинаковым на обеих сериях. Температура чугуна на опытной серии была на 11 °С ниже, а суммарный расход известьсодержащих материалов на 2,5 т выше.

Температура металла на повалке, содержание углерода, марганца и окисленность шлака на обеих сериях были примерно одинаковыми. При этом суммарный расход кислорода на опытной серии, несмотря на более высокий расход чугуна и извести, был на 194 м³ ниже, чем на сравнительной, а удельный расход кислорода на 1 т металлозавалки — на 0,9 м³ ниже. Количество плавков с додувками на температуру на опытной серии уменьшилось на 7,5 % и составило 32,4%.

Десульфурация на опытной серии прошла лучше. При одинаковом содержании серы в чугуне, равном 0,028%, содержание серы в металле на повалке было на 0,003% ниже и составило 0,027%. Количество плавков с додувками на серу составило 3,7 %, что на 8,1% меньше, чем на сравнительной серии.

Дефосфорация на обеих сериях прошла примерно одинаково. Однако количество додувок на фосфор на опытной серии было почти в 3 раза меньше и составило 0,5%.

На опытной серии плавков было использовано пять фурм с тангенциальным расположением сопел, после окончания кампании два наконечника остались в рабочем состоянии.

Наконечники с тангенциальным наклоном сопел простояли в среднем 148 плавков, на сравнительной серии стойкость наконечников с радиальным расположением сопел составила 55 плавков.

Две головки с тангенциальным расположением сопел вышли из строя по причине трещин по сварному шву в месте сварки сопел с донной частью головки фурмы и одна головка снята после 208 плавков в работоспособном состоянии.

Видимых следов разгара кромки сопла и износа донной части головки не отмечено даже на фурме, отработавшей 208 плавков.

На опытной кампании было произведено 48 торкретирований, на сравнительной — 41 при

практически равном расходе торкрет-массы. Стойкость футеровки конвертера на опытной кампании составила 562 плавки, на сравнительной — 441. Износ футеровки конвертера был равномерным, со стороны цапф остаточный слой рабочей части футеровки составил 100–200 мм. На сравнительной серии остаточный слой рабочей части со стороны цапф справа составил 50 мм, слева — 100 мм.

Результаты первой опытной кампании позволили расширить эксперименты по испытанию фурм с тангенциальным наклоном сопел.

С использованием тангенциальных продувочных фурм отработали полных четыре кампании конвертера, в том числе две — с футеровкой из периклазоуглеродистых огнеупоров (ПУПК) и две — с периклазохромитовой (ПХК).

Стойкость футеровки составила: из ПУПК — изделий 661 и 825 плавков (средняя — 743 плавки), из ПХК — 562 и 510 плавков (средняя 536 плавков).

На семи кампаниях с периклазохромитовой и пяти кампаниях с периклазоуглеродистой футеровкой при работе с радиальными фурмами стойкость в среднем составила 459 и 585 плавков соответственно.

По ходу кампаний футеровку конвертера восстанавливали методом факельного торкретирования.

При этом частота торкретирования периклазохромитовой футеровки в опытных кампаниях была несколько выше, чем в обычных, и составила 9,2 плавки против 13,1 плавки при использовании радиальных фурм.

С футеровкой из периклазоуглеродистых огнеупоров кратность торкретирования составила 16,5 плавков на опытных и 12,2 плавков — на обычных кампаниях.

Три кампании отработали с использованием фурм обеих конструкций. Стойкость футеровки конвертеров составила 542 и 801 плавку на ПХК- и ПУПК-огнеупорах соответственно.

Результаты по всем кампаниям приведены в табл.2.

Таблица 2. Результаты службы футеровок конвертеров

Период работы	Стойкость, число плавков	Материал футеровки	Количество торкретирований	Удельный расход торкрет-массы, кг/т	Средняя температура, °С	FeO в шлаке, %	Возвраты, %	Число плавков в сутки	Количество в чугуне, %	
									S	Si
Кампании конвертера с тангенциальной фурмой										
25.04.94–28.05.94	562	ПХК	48	2,29	1665,6	26,5	3,6	17,52	0,027	0,68
25.05.94–28.06.94	661	ПУПК	59	2,36	1667,1	26,6	2,7	19,44	0,027	0,68
23.10.94–27.11.94	510	ПХК	68	3,94	1658,1	31	1,6	14,17	0,025	0,78
09.01.95–22.02.95	825	ПУПК	31	1,09	1663,5	27,7	2,4	18,75	0,024	0,82
среднее	536	ПХК	58	3,1	1661,8	28,8	2,6	15,85	0,027	0,68
	743	ПУПК	45	1,73	1665,3	27,2	2,6	19,09	0,025	0,75
Кампании конвертера со смешанными фурмами										
03.10.94–07.11.94	745	ПУПК	104	4,15	1664	29,4	1,3	21,3	0,024	0,81
23.11.94–02.01.95	857	ПУПК	64	2,2	1667,1	24,5	1,6	21,4	0,027	0,87
26.12.94–24.01.95	542	ПХК	39	1,87	1662,2	25,6	2,2	18,7	0,024	0,86
среднее	542	ПХК	39	1,87	1662,2	25,6	2,2	18,7	0,024	0,86
	801	ПУПК	84	3,18	1665,6	27	1,45	21,35	0,026	0,84
Кампании конвертера с обычными фурмами										
7 кампаний	459	ПХК	35	2,23	1664,1	27,7	2,5	18,33	0,029	0,71
5 кампаний	585	ПУПК	48	2,34	1661,5	28,4	2,4	16,11	0,028	0,69

Осмотр состояния футеровки конвертера в процессе эксплуатации и по окончании кампаний показал, что при использовании фурм с тангенциальным наклоном сопел наблюдается более ровный характер износа кладки, уменьшаются возможности локального прогара футеровки, что позволит более полно использовать ее по всем элементам, достичь надежности в работе и более высоких показателей стойкости.

По предварительным результатам применение тангенциальной фурмы обеспечивает прирост стойкости футеровки конвертера на 30–50 плавов.

Окончательные выводы о влиянии данной конструкции фурмы на стойкость кладки могут быть получены после проведения серии кампаний. Однако проведенные испытания позволили отметить, что стойкость фурм с тангенциальным наклоном сопел на 30 плавов выше и в 1994 г. тавила 91 плавку.

*В.В.Липицкий, С.В.Чернявский, В.А.Кравченко, Г.А.Стрельников,
В.В.Смоктий, М.А.Савченко (ИЧМ НАН Украины, ИТМ НАН Украины)*

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ДУТЬЕВЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДОННОЙ ПОДАЧИ НЕЙТРАЛЬНЫХ ГАЗОВ В КОНВЕРТЕР

При осуществлении комбинированной продувки расход нейтральных газов в процессе про-
кладки должен изменяться в широких пределах — в 3–4 раза. Кроме того, параметры и
конструкция донных дутьевых устройств должны обеспечивать высокую стойкость огнеупоров
днища.

Наиболее простой конструкцией является цилиндрическая одноканальная фурма. Однако
фурма не обеспечивает получение необходимого диапазона расходов. Кроме этого, цилинд-
рические фурмы склонны к возникновению явления обратного удара — одной из основных
причин разрушения околофурменных огнеупоров. В связи с этим, особое значение приобретает
разработка конструкций донных дутьевых устройств, обеспечивающих как ускорение диффу-
зионного звена в процессах массообмена, так и заданный диапазон расходов газа при обес-
печении высокой стойкости огнеупорной футеровки днища.

На первом этапе работы была исследована газодинамика потоков из дутьевых устройств
традиционного сечения: кольцевых с тремя центрирующими ребрами, плоской щелевой,
шпильчатой. Характеристики истечения, в частности, структура потока, дальнобойность, поля рас-
пределения давлений и скоростей, углы раскрытия для этих фурм существенно отличаются от
существующих традиционным круглым струям. Особенности истечения из фурм нетрадиционного
сечения должны обеспечить большую поверхность взаимодействия газов с жидкой ванной,
более высокую интенсивность перемешивания, что может проявиться в получении более высоких
металлургических показателей плавки.

На втором этапе работы для изучения механизма возникновения обратных ударов и их
характеристик был выбран метод холодного моделирования. На водяной модели испытаны
различные типы фурм: кольцевая, плоская щелевая, "сотовая", витая и обычная цилиндрическая.
Все фурмы испытывались при давлении на входе 0,2–0,5 МПа с шагом 0,05 МПа. Для измерения
силы и частоты обратных ударов использовалось устройство, представляющее собой тензостакан
с силовоспринимающей тарелью, внутрь которого с зазором 0,2 мм устанавливалась испыты-
ваемая фурма. В процессе испытаний поведение газовых струй в жидкости фиксировалось
фото- и скоростной съемкой, сила и частота обратных ударов — на осциллограммах.

В результате проведения испытаний было установлено, что явление обратных ударов ха-
рактерно для всех исследованных конструкций фурм. Обратный удар носит импульсный характер
и имеет различную продолжительность воздействия на днище — от 0,01 до 0,5 с. Сила удара
в течение этого времени изменяется следующим образом: имеется несколько пиков с возраста-
ющей амплитудой, а затем — с затухающей. Характер развития ударов свидетельствует о
том, что в это время в газовой (газожидкостной) струе происходят нестационарные процессы.
Это подтверждается наличием отдельных единичных ударов.

Для всех типов исследованных фурм при звуковом режиме истечения частота обратных
ударов уменьшается с повышением давления (расхода) газа перед фурмой.

Сила обратных ударов у цилиндрической фурмы возрастает с увеличением давления газа
на входе в фурму. На остальных типах фурм сила обратных ударов вначале возрастает с