

**К. Г. Низяев, Б. М. Бойченко, А. Н. Стоянов, А. С. Заспенко\*, К. Ф. Чмырков\*,  
Д. П. Васильев\***

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

\*ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского», Днепропетровск

## Результаты эксплуатации опытной кислородной фурмы

Выполнен анализ результатов эксплуатации опытной двухрядной 9-ти сопловой кислородной фурмы. Показано, что использование для продувки кислородом опытной фурмы в первой половине кампании конвертера позволяет снизить удельный расход металлошихты на 2,3 кг/т стали при выплавке стали ЗПС и на 0,9 кг/т стали при выплавке стали 5ПС. Удельный расход чугуна при этом снизился на 17,0 и 14,4 кг/т стали соответственно.

**Ключевые слова:** кислородный конвертор, наконечник кислородной фурмы, сопло, металлургическая шихта, охладитель плавки

**Состояние вопроса.** Режим взаимодействия кислородной струи с жидкой ванной во многом определяет эффективность конвертерного процесса. После анализа технологических взаимосвязей и результатов работы конвертеров ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» в 2013 г. сотрудниками кафедры металлургии стали НМетАУ разработана конструкция девятисоплового двухрядного наконечника (3 основных и 6 сопел второго ряда) кислородной фурмы, предназначенного для эксплуатации в первой половине кампании конвертера.

Для оценки эффективности работы девятисопловой фурмы был выполнен сравнительный анализ технологических показателей выплавки стали марок ЗПС и 5ПС. Доля плавков стали прочих марок в выбранных сериях не превышала 10 % выборки, что не позволило провести адекватный статистический анализ. Опытная фурма была установлена на конвертере № 3. Показатели сравнивали с результатами работы конвертера № 1, на котором установлена штатная двенадцатисопловая (4 основных и 8 сопел второго ряда) кислородная фурма за аналогичный период.

Для анализа были отобраны массивы из 579 экспериментальных и 740 сравнительных плавков за период ноябрь 2013 г. – январь 2014 г.

Статистический анализ паспортов плавков производили по следующей методике. Вначале массив был разбит на плавки марок ЗПС и 5ПС, из которых затем отфильтровали плавки: с садкой за пределами 65÷67 т; выходом годной стали за пределами 88-93 %; с применением карбидокремниевых брикетов.

Поскольку на технологические показатели плавков оказывает влияние тип применяемой металлошихты, была произведена оценка частоты использования различных видов охладителей плавки при выплавке стали марок ЗПС и 5ПС на рассмотренных кампаниях. Результаты анализа приведены на рис. 1.

Следует отметить, что на опытных плавках охлаждение только ломом было реже, а скрапом и чугуном – чаще.

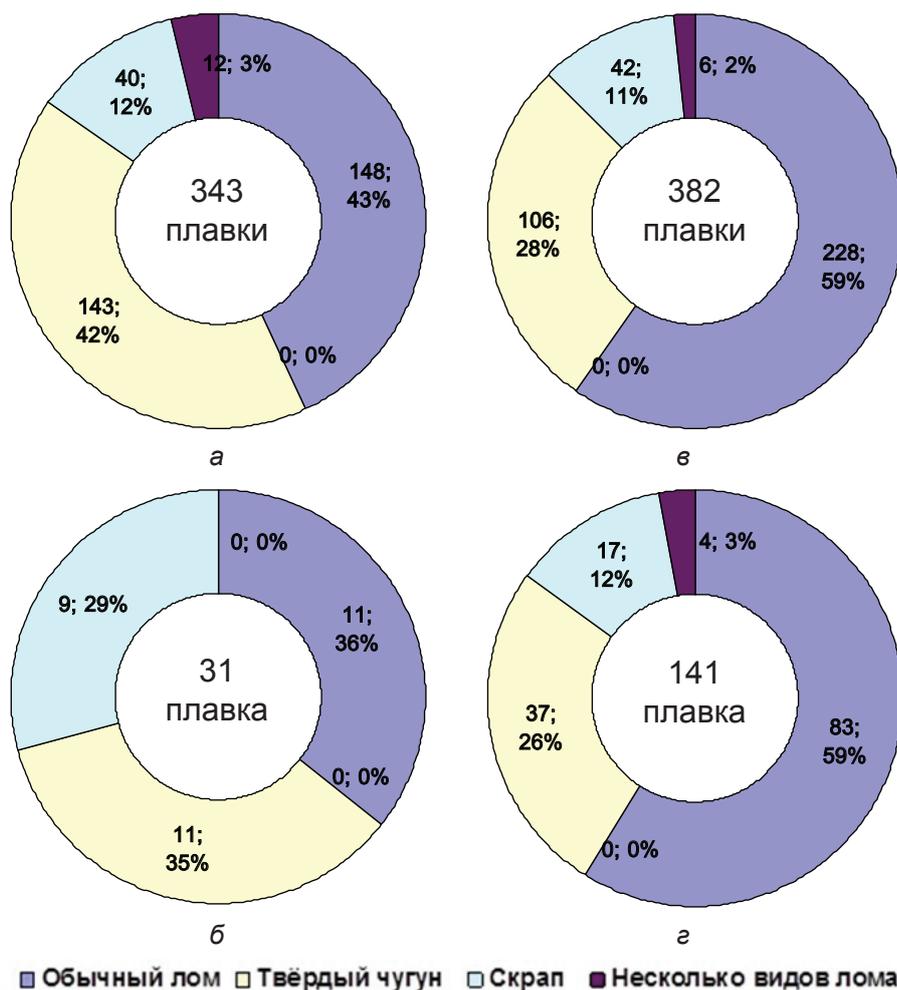


Рис. 1. Сравнение частоты использования различных видов охладителей на опытном конвертере № 3: сталь ЗПС (а); сталь 5ПС(б), и сравнительном конвертере № 1: сталь ЗПС (в); сталь 5ПС (г)

Минимальное, максимальное и среднее значение показателей работы конвертеров с использованием опытного и штатного наконечников кислородной

фурмы в формате (мин – макс)/среднее, а также абсолютное изменение величины каждого показателя приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Сравнение технологических показателей плавки стали марки ЗПС**

Показатель	Кампания конвертера		Изменение
	№ 3	№ 1	
<i>Шихтовка плавки</i>			
Удельный расход жидкого чугуна(УРЧ) , кг/т	$\frac{770 \div 1012}{891}$	$\frac{802 \div 1049}{908}$	-17
Содержание кремния в чугуне, %	$\frac{0,16 \div 1,55}{0,58}$	$\frac{0,15 \div 2,54}{0,63}$	-0,05
Содержание марганца в чугуне, %	$\frac{0,21 \div 0,81}{0,42}$	$\frac{0,10 \div 0,74}{0,40}$	+0,02
Содержание серы в чугуне, %	$\frac{0,18 \div 0,73}{0,33}$	$\frac{0,18 \div 0,86}{0,34}$	-0,01
Температура чугуна, °С	$\frac{1210 \div 1350}{1265}$	$\frac{1200 \div 1340}{1257}$	+8
Удельный расход извести, кг/т	$\frac{49,3 \div 94,2}{60,4}$	$\frac{41,1 \div 98,8}{57,6}$	+2,8
Длительность простоя конвертера, мин	$\frac{13 \div 993}{40}$	$\frac{11 \div 856}{38}$	+2
<i>Показатели плавки на повалке</i>			
Содержание углерода на повалке, %	$\frac{0,05 \div 0,65}{0,19}$	$\frac{0,02 \div 0,93}{0,19}$	0
Содержание марганца на повалке, %	$\frac{0,05 \div 0,27}{0,14}$	$\frac{0,04 \div 0,36}{0,13}$	+0,01
Содержание серы на повалке, %	$\frac{0,022 \div 0,080}{0,037}$	$\frac{0,018 \div 0,074}{0,038}$	-0,001
Содержание фосфора на повалке, %	$\frac{0,004 \div 0,065}{0,020}$	$\frac{0,005 \div 0,072}{0,021}$	-0,001
Температура стали на повалке, °С	$\frac{1560 \div 1689}{1638}$	$\frac{1562 \div 1686}{1644}$	-6
Расход FeMn	$\frac{0 \div 377}{96}$	$\frac{0 \div 449}{108}$	-12
Расход SiMn	$\frac{0 \div 860}{388,4}$	$\frac{165 \div 1587}{389,4}$	-1
<i>Шлак на повалке</i>			
Содержание оксидов железа, %	18,81	19,00	-0,19
Основность	4,09	3,93	+0,16
CaO	49,67	48,17	+1,50
SiO <sub>2</sub>	12,75	13,43	-0,68
MgO	4,23	5,17	-0,94
<i>Расходы материалов</i>			
Расход магнезиальных брикетов, кг	5,21	5,30	-0,09
Удельный расход металлошихты (УРМШ), кг/т	$\frac{1076 \div 1135}{1101,6}$	$\frac{1076 \div 1136}{1103,9}$	-2,3
Выход годного, %	$\frac{88,1 \div 92,9}{90,8}$	$\frac{88,0 \div 93,0}{90,6}$	+0,2

## Сравнение технологических показателей плавки стали марки 5ПС

Показатель	Кампания конвертера		Изменение
	№ 3	№ 1	
Шихтовка плавки			
Удельный расход жидкого чугуна (УРЧ), кг/т	$\frac{831 \div 957}{888}$	$\frac{805 \div 1000}{902,4}$	-14,40
Содержание кремния в чугуне, %	$\frac{0,34 \div 1,74}{0,59}$	$\frac{0,21 \div 2,08}{0,64}$	-0,05
Содержание марганца в чугуне, %	$\frac{0,29 \div 0,75}{0,44}$	$\frac{0,11 \div 0,65}{0,42}$	+0,02
Содержание серы в чугуне, %	$\frac{0,21 \div 0,48}{0,32}$	$\frac{0,19 \div 0,67}{0,32}$	0
Температура чугуна, °С	$\frac{1250 \div 1280}{1270}$	$\frac{1200 \div 1290}{1258}$	+12
Удельный расход извести, кг/т	$\frac{49,8 \div 69,3}{58,6}$	$\frac{41,1 \div 94,4}{56,5}$	+2,1
Длительность простоя конвертера, мин	$\frac{11 \div 47}{28}$	$\frac{11 \div 65}{30}$	-2
Показатели плавки на повалке			
Содержание углерода на повалке, %	$\frac{0,25 \div 0,65}{0,39}$	$\frac{0,10 \div 0,86}{0,35}$	+0,04
Содержание марганца на повалке, %	$\frac{0,11 \div 0,25}{0,17}$	$\frac{0,07 \div 0,25}{0,14}$	+0,03
Содержание серы на повалке, %	$\frac{0,030 \div 0,051}{0,029}$	$\frac{0,022 \div 0,054}{0,034}$	-0,005
Содержание фосфора на повалке, %	$\frac{0,013 \div 0,054}{0,027}$	$\frac{0,009 \div 0,053}{0,024}$	+0,003
Температура стали на повалке, °С	$\frac{1608 \div 1650}{1636}$	$\frac{1584 \div 1686}{1644}$	-8,00
Расход ферросплавов на плавку			
Расход FeMn	$\frac{259 \div 382}{305,0}$	$\frac{90 \div 408}{255,6}$	+49,4
Расход SiMn	$\frac{194 \div 315}{259,6}$	$\frac{158 \div 533}{299,4}$	-39,80
Шлак на повалке			
Содержание оксидов железа, %	17,39	18,00	-0,61
Основность	3,02	3,93	-0,91
CaO	46,70	49,10	-2,40
SiO <sub>2</sub>	16,30	13,24	+3,06
MgO	4,67	4,78	-0,11
Расходы материалов			
Расход магнезиальных брикетов, кг	5,13	5,29	-0,16
Удельный расход металлошихты (УРМШ), кг/т	$\frac{1078 \div 1133}{1098,7}$	$\frac{1076 \div 1136}{1099,6}$	-0,90
Выход годного, %	$\frac{1078 \div 1133}{1098,7}$	$\frac{1076 \div 1136}{1099,6}$	+0,08

Поскольку на удельных расходах жидкого чугуна и металлошихты могло сказаться использование при выплавке стали большее количество плавков с использованием твердого чугуна (чушкового или боя, см. рис. 1), был проведен сравнительный анализ двух этих охладителей поочередно для плавков с использованием металлолома и металлолома совместно с твердым чугуном. Результаты анализа приведены в табл. 3, 4.

Согласно приведенным данным снижение расхода жидкого чугуна и металлошихты на серии плавков с использованием металлолома и совместного его использования с твердым чугуном на опытных плавках

меньше, что подтверждает корректность приведенных в таблицах данных об общем снижении расхода жидкого чугуна и металлошихты.

## Выводы

Использование для продувки кислородом опытной девятисопловой фурмы в первой половине кампании конвертера позволило снизить удельный расход металлошихты на 2,3 кг/т стали при выплавке стали ЗПС и на 0,9 кг/т стали при выплавке стали 5ПС. Удельный расход чугуна при этом снизился на 17,0 и 14,4 кг/т стали соответственно.

Таблица 3

### Сравнительный анализ плавков стали марки ЗПС на плавках с использованием только металлолома

Конвертер	Чистый лом		Твердый чугун	
	УРЧ, кг/т	УРМШ, кг/т	УРЧ, кг/т	УРМШ, кг/т
№ 3 (опытный)	907	1101	869	1102
№ 1 (сравнительный)	920	1105	882	1107

Таблица 4

### Сравнительный анализ плавков стали марки 5ПС на плавках с использованием металлолома и твердого чугуна

Конвертер	Чистый лом		Твердый чугун	
	УРЧ, кг/т	УРМШ, кг/т	УРЧ, кг/т	УРМШ, кг/т
№ 3 (опытный)	893,4	1096,4	863	1102
№ 1 (сравнительный)	910,0	1099,0	876	1107

## Анотація

Нізяєв К. Г., Бойченко Б. М., Стоянов О. М., Заспенко А. С., Чмирков К. Ф., Васильєв Д. П.

Результати експлуатації дослідної кисневої фурми

Виконано аналіз результатів експлуатації дослідної дворядної дев'яти соплової кисневої фурми. Показано, що використання для продувки киснем дослідної фурми в першій половині кампанії конвертера дозволяє знизити питому витрату металошихти на 2,3 кг/т сталі при виплавці сталі ЗПС і на 0,9 кг/т сталі при виплавці сталі 5ПС. Питома витрата чавуну при цьому знизилась на 17,0 і 14,4 кг/т сталі відповідно.

## Ключові слова

кисневий конвертор, наконечник кисневої фурми, сопло, металургійна шихта, охолоджувач плавки

## Summary

Nizyaev K. G., Boichenko B. M., Stoyanov, A. N., Zaspenko A. S., Chmyrkov K. F., Vasiliev D. P.

The operating results of the experimental oxygen lance

The analysis of the operating results of experimental two-row 9-oxygen lance nozzle was done. It is shown that using of oxygen blowing lance experienced in the first half of the campaign of the converter can reduce the specific consumption of metal by 2,3 kg/t of steel for steelmaking 3PS and 0,9 kg/t of steel for steelmaking 5PS. Specific consumption of iron thus decreased by 17,0 and 14,4 kg/t of steel respectively.

## Keywords

oxygen converter, oxygen lance nozzle, tip, metallurgical charge, cooler heat

Поступила 11.04.14