

УДК 669.18.046.5

EDN: SLQLJS

<sup>1</sup>Романчук А. Н., <sup>1,\*</sup>Куберский С. В., <sup>2</sup>Смолярчук Д. А., <sup>2</sup>Вакуленко Е. Л., <sup>1</sup>Гангур Д. В.<sup>1</sup>Донбасский государственный технический университет,<sup>2</sup>Южный горно-металлургический комплекс

\*E-mail: Skuberskiy@yandex.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ОТСЕЧКИ КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАКА

Рассмотрено негативное влияние шлака, попадающего в сталеразливочный ковш при выпуске металла из конвертера на его качество и основные показатели технологического процесса в целом. Проведен сравнительный анализ эффективности отсечки первичного шлака при выпуске металла из конвертера с использованием тампонов CONE-PLAST и каолиновой ваты. Показано, что при использовании тампонов имеет место снижение угара раскислителей, расхода шлакообразующих, электроэнергии и длительности нагрева стали на агрегате «ковш-печь», что обеспечивает снижение себестоимости стали. Предложены рекомендации по усовершенствованию технологии выпуска стали из кислородного конвертера.

**Ключевые слова:** кислородный конвертер, выпуск металла, первичный шлак, летка, ковш, отсечка шлака, тампон, раскислители, усвоение.

Важнейшим элементом успешного проведения операций внепечной обработки является контроль и регулирование количества шлака, попадающего в ковш, при выпуске стали из кислородного конвертера (КК). Конечный плавильный шлак содержит значительное количество окислов железа, соединений фосфора и серы. Попадание такого шлака в ковш снижает эффективность десульфурации твердыми шлакообразующими смесями на выпуске из КК и затрудняет формирование рафинировочного шлака на установке «ковш-печь» (УКП), что негативно сказывается на эффективности внепечной обработки стали. При этом повышается угар раскислителей и легирующих, из шлака в металл восстанавливается фосфор, снижается степень десульфурации, увеличивается износ футеровки ковша и загрязнение металла неметаллическими включениями.

По данным работы [1] количество попадающего в ковш шлака во время выпуска металла из конвертера распределяется следующим образом: 15–20 % — в начале выпуска, 65–70 % — в конце, 15–20 % — во время возврата конвертера в рабочее положение.

Поэтому важной технологической операцией является обнаружение и отсечка шлака при переливе металла из КК в сталеразливочный ковш (С/К).

Отсечка шлака во время выпуска металла из КК в разливочный ковш имеет важное практическое значение, поскольку обеспечивает повышение срока службы футеровки ковшей, снижение степени рефосфорации, уменьшение угара ферросплавов и раскислителей, а также увеличение выхода годной стали.

В настоящее время применяются различные способы разделения металла и шлака при переливе из плавильных агрегатов и технологических емкостей [2–8].

В настоящее время самым простым способом отсечки конечного шлака в конвертерных цехах является его удержание путем быстрого перевода конвертера в вертикальное положение [9]. Однако этот способ в реальных производственных условиях не дает необходимой степени отсечки из-за меняющейся конфигурации сталевыпускного канала, который формирует выходящую струю. Оператор визуально контролирует момент появления шлака в струе металла и процесс истечения расплава.

Примером автоматических систем отсечки конечного шлака может служить «газодинамический» способ.

При обнаружении шлака в струе металла в выпускное отверстие снизу под большим давлением подается газ, очищающий выпускной канал и размазывающий шлак по внутренней поверхности отверстия конвертера [10].

Шлак удерживается в конвертере за счет динамического напора газа, вдуваемого через пробку в выпускное отверстие. Корпус пробки изготовлен из чугуна, в ее центре выполнено сопло-отверстие, через которое по сигналу подается сжатый воздух или азот. Размер пробки должен быть таким, чтобы между ее внешней поверхностью и внутренними стенками выпускного отверстия оставался кольцеобразный зазор, через который мог выходить воздух, подаваемый для удержания шлака в конвертере.

Способ газодинамической отсечки конечного шлака предполагает наличие термокамер или магниточувствительных сенсоров для раннего обнаружения частиц шлака в струе расплава, истекающего в разливочный ковш.

Следующий способ автоматической отсечки конечного шлака — это использование шиберного затвора, который устанавливают на летку снаружи конвертера и в момент появления частиц шлака в потоке выпускаемого металла этот затвор перекрывает канал конвертера огнеупорной плитой, которая перемещается с помощью электромеханического или гидравлического привода [11]. Сигналом к перекрытию выходного канала и запуску привода является команда, поступающая от радиационного пирометра.

В качестве альтернативы автоматическим методам отсечки конечного шлака на практике широкое распространение получили так называемые пассивные методы отсечки шлака, действие которых основано на проявлении определенных физических эффектов в критических условиях:

система типа «поплавок» (шар или конус) для отсечки шлака в конце слива стали.

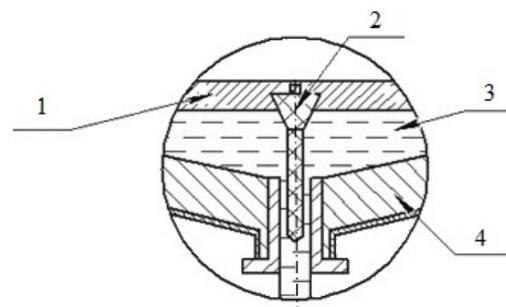
На рисунке 1 приведен способ отсечки конечного шлака с использованием элементов поплавкового типа, которые изготавливаются из огнеупорного материала и помещаются в ванну конвертера с помощью специальных устройств, блокирующих входное отверстие канала при подходе к нему слоя шлака на заключительной стадии выпуска металла.

К достоинствам этого способа можно отнести [12, 13]:

- все элементы находятся вне зоны воздействия высоких температур, а самым температурно-нагруженным элементом является штанга, вводимая в полость конвертера на время не более 30 с;
- отсутствие необходимости использования дорогих систем раннего обнаружения шлака в струе выпускаемой стали;
- удобное расположение устройства на рабочей площадке.

Отсечка конечного шлака с помощью отсечных элементов, вводимых в ванну конвертера, является наиболее распространенным способом, что вызвано его простотой и надежностью по сравнению с другими.

В настоящее время на металлургических предприятиях широкое распространение получила комплексная отсечка шлака на выпуске металла из конвертера, как первичного, так и конечного.



1 — шлак, 2 — отсечной элемент, 3 — металл, 4 — конвертер

Рисунок 1 — Способ отсечки шлака с использованием элементов поплавкового типа

Первичная отсечка шлака необходима для предотвращения загрязнения металла верхним скачиваемым шлаком из конвертера в начале выпуска стали.

Наиболее простым и относительно дешевым способом отсечки первичного шлака является установка в летке конвертера тампона на основе каолиновой ваты.

Перед началом плавки сталевар, с помощью манипулятора или металлического стержня, со стороны слива конвертера вводит до упора в выпускное отверстие тампон из каолиновой ваты, размер которого зависит от диаметра летки на данный момент. Под действием разности плотностей стали и шлака последний вытесняется из летки и остается в конвертере. Под напором жидкой стали тампон, в дальнейшем, выдавливается из летки.

Указанный способ отсечки первичного шлака имеет существенный недостаток, обусловленный конфигурацией сталевыпускного отверстия. Цилиндрическая форма отверстия не обеспечивает распиравания тампона, имеющего вес 400–500 г, и он плохо удерживается в летке.

Определенный интерес представляет способ отсечки первичного шлака на выпуске металла из конвертера с использованием стопора CONE-PLAST [14]. Указанный способ используется для предотвращения загрязнения металла верхним скачиваемым шлаком в начале выпуска стали.

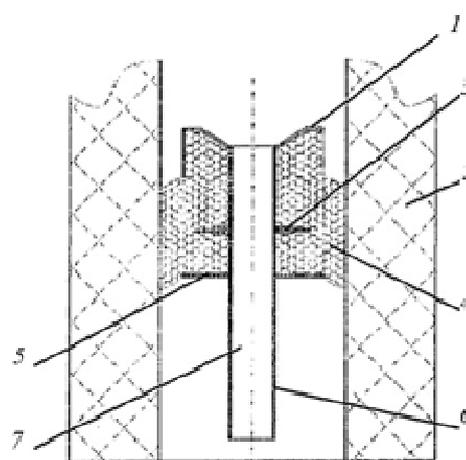
Способ позволяет свести к минимуму попадание шлака в летку при наклоне конвертера для выпуска стали независимо от характера износа и профиля летки.

Установка стопора для отсечки первичного шлака в летке КК показана на рисунке 2.

С помощью аппликатора пробка вставляется снаружи конвертера в горячую зону в конце летки и сжимается, при этом летка полностью закупоривается.

При повороте конвертера на выпуск плавки шлак с температурой плавления  $\sim 1350$  °С не может расплавить стопор 1 и заполняет канал летки 2. При дальнейшем повороте конвертера шлак в течение 3–5 с

вытесняется металлом. Процесс вытеснения происходит благодаря большой разнице плотности металла и шлака. Плотность стали при температуре 1670–1700 °С —  $7,7$  г/см<sup>3</sup>, плотность шлака при данной температуре колеблется от  $3,15$  до  $3,4$  г/см<sup>3</sup>. Таким образом, при контакте с металлом шлак сразу вытесняется из канала металлоразливочного отверстия. При занятии конвертером положения для слива плавки начинается истечение металла через проходной канал 7 стопора 1.



1 — стопор, 2 — летка, 3 — делитель, 4 — пробка, 5 — прижимной фланец, 6 — несущая трубка, 7 — проходной канал

Рисунок 2 — Установка стопора CONE-PLAST для отсечки первичного шлака в летке КК

Через 3–5 с внутренняя трубчатая основа стопора 1 расплавляется, и с металлом начинает контактировать непосредственно огнеупорный материал пробки 4. Сливаемый металл, принимая из-за гравитации вращение по часовой стрелке, оказывает на материал пробки стопора не только термическое, но и активное механическое воздействие. При вхождении в полость выгоревшего делителя 3, поток металла разделяется, оказывая дополнительное механическое воздействие на нижнюю часть пробки 4 стопора 1. Благодаря пористой сотовой структуре и большому количеству

газовых каналов, являющихся в данном случае концентраторами напряжений, происходит активное разрушение огнеупорного материала стопора *1* с отделением не менее 25–30 % массы изделия в течение первых 7–10 с. Далее под воздействием термомеханической нагрузки происходит дальнейшее разрушение пробки *4* с потерей массы до 50–60 %. По достижении определенной величины пробка *4* стопора *1* более не может удерживать силу ферростатического давления и вымывается из канала летки под воздействием потока металла, оставляя летку (выпускное отверстие) чистой. Полный цикл работы стопора *1* составляет 15–25 с.

**Цель** работы заключалась в проведении сравнительных исследований для оценки эффективности отсечки первичного шлака на выпуске металла из конвертера с использованием тампонов CONE-PLAST и каолиновой ваты.

**Объект исследования** — технология выпуска стали из конвертера.

**Предмет исследования** — эффективность отсечки первичного шлака с использованием тампонов CONE-PLAST (тампонов) и каолиновой ваты.

**Задачи** исследования:

– проанализировать эффективность отсечки первичного шлака с использованием тампонов;

– оценить влияние первичного шлака, попадающего в сталеразливочный ковш (С/К) при различных способах его отсечки, на угар ферросплавов;

– определить целесообразность дальнейшего использования отсечки первичного шлака на выпуске металла из конвертера с использованием тампонов.

Исследования проводились в кислородно-конвертерном цехе металлургического комбината.

Сталь выплавляли в кислородном конвертере комбинированного дутья. Во время выпуска металла из конвертера производили первичную отсечку шлака при помощи каолиновой ваты или тампонов из пластичных

огнеупорных масс марки CONE-PLAST и отсечку конечного конвертерного шлака с помощью автоматизированной системы отсечки шлака. Система основана на измерении инфракрасного излучения от металла и шлака. При появлении шлака система сигнализирует об этом оператору, одновременно автоматически включается шлаковый стопор. Принцип работы системы заключается в удерживании шлака путем вдувания сжатого азота через сопло в выпускное отверстие.

Раскисление металла и шлака производили на выпуске из КК и на установке «ковш-печь» (УКП). Технология раскисления металла опытных и сравнительных плавов была одинаковой.

В качестве раскислителей металла и шлака на выпуске из КК применялись материалы: Al чушки, алюминиевые брикеты АБ-80 (содержат до 80 % Al), ФМн78, ФМн88, ФС75, ФС65, MnC, карбид кальция — CaC<sub>2</sub>. Карбид кальция вводили в ковш перед ферросплавами. При наполнении ковша металлом от 1/5 до 1/4 его высоты (~60 т) вводили основные ферросплавы в последовательности, зависящей от сроства к кислороду MnC, ФМн, ФС, Al. Ввод шлакообразующих материалов (извести и алюмосодержащих материалов или плавикового шпата) осуществляли после отдачи всех раскисляющих материалов. Чушковый алюминий вводили на дно ковша, а алюминиевые брикеты — под струю во время выпуска стали из конвертера.

В качестве раскислителей металла и шлака на УКП применялись следующие материалы: Al чушки, АБ-80, Al пров., ФМн78, ФМн88, ФС65, MnC.

Для анализа были использованы статистические данные 568 плавов с использованием тампонов (далее по тексту — опытные), из них:

– 257 плавов бескремнистых марок стали с содержанием Mn ≤ 0,7% (1 оп.);

– 28 плавов бескремнистых марок стали с содержанием Mn > 0,7 % (2 оп.);

– 201 плавка низколегированных марок стали с содержанием Mn > 0,8 % (3 оп.);

**МЕТАЛЛУРГИЯ**

– 82 плавки спокойных марок стали с содержанием  $Mn \leq 0,8 \%$  (4 оп.).

Для сравнения результатов опытных плавок были использованы статистические данные 2398 плавок (далее по тексту — сравнительные) с применением каолиновой ваты для отсечки первичного шлака на выпуске металла из конвертера, из них:

- 907 плавок бескремнистых марок стали с содержанием  $Mn \leq 0,7 \%$  (1 сравн.);
- 148 плавок бескремнистых марок стали с содержанием  $Mn > 0,7 \%$  (2 сравн.);
- 911 плавок низколегированных марок стали с содержанием  $Mn > 0,8 \%$  (3 сравн.);
- 432 плавки спокойных марок стали с содержанием  $Mn \leq 0,8 \%$  (4 сравн.).

Как было отмечено выше, попадающий в С/К конвертерный шлак оказывает большое влияние на угар основных элементов, входящих в состав материалов, используемых для раскисления стали. В результате анализа

опытных и сравнительных плавок был установлен средний расход раскислителей на выпуске из КК и на УКП для различных групп марок стали. Полученные результаты систематизированы в таблицах 1 и 2.

Предварительное раскисление стали в С/К при использовании тампонов (табл. 1) характеризуется несколько большим расходом чушкового алюминия и алюминиевых брикетов, а также ФС75 и МнС. Расход ФС65 и карбида кальция снизился. При обработке стали на УКП с использованием новой технологии отсечки конвертерного шлака расход всех раскислителей снизился (табл. 2). Кроме того, уменьшился расход электроэнергии на 0,5–1,9 кВт·ч/т (среднее 1,05 кВт·ч/т) и время нагрева стали на 0,75 мин (5,5 %), что обеспечивает увеличение производительности УКП (более 1 %) и снижение доли условно постоянных затрат в себестоимости продукции.

Таблица 1

Средний расход материалов (кг/т) для раскисления металла и шлака на выпуске из КК

Группа стали	Al чуш.	АБ-80	ФМн78	ФМн88	ФС75	ФС65	МнС	CaC <sub>2</sub>
1 оп.	0,18	0,61	5,37	7,02	-	-	-	0,17
1 сравн.	0,28	0,23	4,99	6,26	-	-	0,09	0,25
2 оп.	0,24	-	2,97	0,16	-	-	0,18	0,37
2 сравн.	0,22	0,02	3,41	0,16	-	-	0,20	0,41
3 оп.	0,24	-	1,74	0,03	0,61	1,73	15,44	0,40
3 сравн.	0,15	-	2,19	0,01	0,33	1,83	14,65	0,46
4 оп.	0,21	0,01	-	0,02	0,42	2,15	7,03	0,53
4 сравн.	0,11	0,01	0,36	-	0,49	2,60	6,52	0,59

Таблица 2

Средний расход материалов (кг/т) для раскисления металла и шлака на УКП

Группа стали	Al чуш.	АБ-80	Al, пров.	ФМн78	ФМн88	ФС65	МнС
1 оп.	2,03	0,03	0,78	0,84	0,05	-	-
1 сравн.	2,08	0,01	0,80	1,03	0,09	-	-
2 оп.	1,97	0,01	0,59	0,46	-	-	-
2 сравн.	1,95	0,02	0,60	0,43	0,01	-	-
3 оп.	0,51	0,03	0,50	0,04	-	0,85	2,09
3 сравн.	0,53	0,05	0,51	0,04	0,01	0,87	2,1
4 оп.	0,34	0,05	0,52	-	-	0,92	1,02
4 сравн.	0,34	0,09	0,54	0,01	-	0,96	0,98

**МЕТАЛЛУРГИЯ**

Это обусловлено более эффективной отсечкой первичного конвертерного шлака, а следовательно, снижением окисленности ковшевого шлака, расхода шлакообразующих, необходимых для получения шлака с требуемыми физико-химическими свойствами, общего количества шлака и улучшением теплового баланса процесса внепечной обработки. Косвенным подтверждением более эффективной отсечки с помощью тампонов является и меньшее в сравнении с технологией, предусматривающей использование каолиновой ваты, содержание в ковшевом шлаке УКП оксидов FeO и MnO на 0,04–0,10 % и 0,04–0,19 % соответственно.

Для 2–4-й групп марок сталей отмечено более высокое содержание глинозема в шлаке УКП на 0,72–1,67 %, что обеспечило снижение расхода плавикового шпата на 0,02 кг/т.

Средние значения сквозного усвоения Mn, Si, Al из ферросплавов и Al из проволоки на опытных и сравнительных плавках были установлены расчетным путем и приведены в таблице 3.

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует о том, что, несмотря на более высокую температуру на повалке (на 3–10 °С), среднее сквозное усвоение Mn при использовании тампонов увеличилось на 1–3 % для различных групп марок стали, а Si — на 1 %. Наибольшая эффективность такого способа отсечки первичного шлака обусловлена значительным ростом усвоения

алюминия из проволоки (на 3–7 %), являющейся наиболее дорогим материалом из использованных для раскисления.

Все это в первую очередь объясняется более эффективной отсечкой конвертерного шлака. При визуальном наблюдении за сливом металла из КК на опытных плавках попадание первичного шлака в ковш не наблюдалось.

Для определения экономической эффективности применения тампонов принимался фактический расход алюминиевых чушек, раскисляющих брикетов, плавикового шпата и карбида кальция. Расход ферросплавов, содержащих Mn и Si пересчитывался на основании сквозного усвоения элементов для равных условий: одинаковое содержание Mn в металле на повалке конвертера (усредненное фактическое) и одинаковый химический состав готовой стали (усредненный фактический).

Средние затраты на основные материалы (раскислители, карбид кальция, плавиковый шпат) при использовании тампонов снизились примерно на 6 руб/т или 1,2 %, что вполне компенсирует их цену (4,5–5 руб/т). Причем наибольшее снижение (13,65 руб/т или 2,9 %) было достигнуто при производстве спокойных сталей, характеризующихся повышенным расходом раскислителей в сравнении с другими рассмотренными группами. С учетом снижения расхода электроэнергии (2–8 руб/т) и времени нагрева на УКП эффективность использования тампонов будет еще выше.

Таблица 3

Средние значения сквозного усвоения основных элементов ферросплавов и Al из проволоки

Группа стали	Mn, %	Si, %	Al, %	Al пров., %
1 оп.	95	—	14	66
1 сравн.	94	—	14	59
2 оп.	98	—	15	68,5
2 сравн.	97	—	15	65
3 оп.	98	65	28	66
3 сравн.	98	66	28	62
4 оп.	96	56	31	60
4 сравн.	93	57	31	57

С точки зрения технологических особенностей использования тампонов были выявлены следующие недостатки, требующие решения для дальнейшей реализации технологии:

– в условиях кампании конвертера наблюдается разгар сливного отверстия, поэтому для серийного использования отсечки тампонами необходимо при поставке предусмотреть их различный размерный ряд, включающий 25 % тампонов диаметром 130 мм, 50 % — диаметром 140 мм и 25 % — диаметром 150 мм;

– в соответствии с условиями участка кислородных конвертеров для эффективной установки тампонов необходимо увеличение длины манипулятора до 4,5–5,0 м.

**Выводы и направление дальнейших исследований:**

1. Проанализированы различные технологии отсечки первичного конвертерного шлака и показана высокая эффективность использования тампонов CONE-PLAST для решения этой актуальной технологической проблемы.

2. В условиях действующего производства проведен сравнительный анализ эффективности использования тампонов CONE-PLAST и каолиновой ваты, который показал, что, несмотря на незначительное увеличение расхода чушкового

алюминия и алюминиевых брикетов при предварительном раскислении стали в ковше, использование тампонов для отсечки первичного шлака практически исключает попадание его в ковш при выпуске и обеспечивает значительное увеличение сквозного усвоения алюминия, марганца и кремния, а также сокращение расхода алюминиевой проволоки, марганцевых и кремнистых ферросплавов при работе на УСП. Кроме того, отмечено снижение расхода электроэнергии и длительности нагрева стали на УСП.

3. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения тампонов CONE-PLAST для отсечки первичного конвертерного шлака.

4. Для серийной реализации данной технологии отсечки необходимо обеспечить длину манипулятора для их установки 4,5–5,0 м и обязательно предусматривать в каждой партии поставку тампонов диаметром 130, 140 и 150 мм, что обусловлено разгаром сливного отверстия в процессе эксплуатации конвертера.

5. В ходе дальнейших исследований предполагается проанализировать эффективность тампонов CONE-PLAST и особенности их работы при различных размерах сливного отверстия в начале, середине и конце кампании кислородного конвертера.

**Список источников**

1. Энкнер Б., Пастер А., Швельбергер И. Новая стопорная система для шлака кислородно-конвертерного производства стали // МРТ. 2002. С. 12–21.
2. Устройство для отсечки первичного конвертерного шлака при выгрузке плавки через отводное отверстие конвертера : пат. 2739471 Рос. Федерация. № 2018104364 ; заявл. 05.02.18 ; опубл. 24.12.20, Бюл. 36. 7 с.
3. Узел блокировки устройства для разделения расплавов : пат. 34480 Республика Казахстан. № 2019/0068.1 ; заявл. 29.01.19 ; опубл. 30.07.20, Бюл. 30. 3 с.
4. Разработка и внедрение устройства для разделения металла и шлака в период наполнения промежуточного ковша / Ф. Б. Жаутиков [и др.] // Металлург. 2019. № 7. С. 12–14.
5. Method of plugging tapholes in phosphorus furnaces : Pat. 4030709 USA. No. 663,845 ; Submitted 04.03.1976 ; Published 21.06.1977.
6. Пробка конвертерного шлака : пат. 2795226 КНР. № 200520108497.5 ; заявл. 27.05.05. опубл. 12.07.06.
7. Заглушка для стального резьбового отверстия в конвертере : пат. 2002327210 Япония. № 2001131906 ; заявл. 27.04.01; опубл. 15.11.02.

**МЕТАЛЛУРГИЯ**

8. Пробка для предотвращения вытекания конвертерного шлака : пат. 20030031239 Республика Корея. № KR20010063030 ; заявл. 12.10.01 ; опубл. 21.04.03.

9. Штилькеринг Б. Эффективность методов отсечки шлака при сливе металла из конвертера // *Металлургия и горнорудная промышленность*. 2002. № 1. С. 38–41.

10. Гичёв Ю. А., Перцевой В. А. Моделирование газодинамической отсечки шлака, обеспечивающей энерго- и ресурсосбережение при выпуске плавки // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2007. № 4. С. 84–87.

11. Бесилаков В. Выпуск плавки с помощью затвора выпускного отверстия ТАР 120 при производстве чистой стали / У. Греф [и др.] // *Сталь*. 2005. № 7. С. 51–54.

12. Бедарев С. А. Обоснование параметров и усовершенствование системы отсечки конвертерного шлака элементами поплавокотного типа при выпуске стали : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Донецк : ДонНТУ, 2011. 22 с.

13. Еронько С. П., Смирнов А. Н., Кукуй Д. П. Разработка эффективных схем отсечки шлака при сливе металла из конвертера // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2003. № 8. С. 33–37.

14. Стопор для отсечки первичного конвертерного шлака, аппликатор для посадки стопора в летку конвертера, система отсечки первичного конвертерного шлака, способ отсечки первичного конвертерного шлака : пат. 2415950 Рос. Федерация. № 2009140657/02 ; заявл. 02.11.10 ; опубл. 10.04.11. Бюл. 23. 15 с.

© Романчук А. Н., Куберский С. В., Гангур Д. В.

© Смолярчук Д. А., Вакуленко Е. Л.

**Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. МТ ДонГТУ Должиковым В. В.,  
начальником патентного отдела ЮГМК Великоцким Р. Е.**

Статья поступила в редакцию 25.06.2024.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Романчук Александр Николаевич**, канд. техн. наук, доцент каф. металлургических технологий  
Донбасский государственный технический университет  
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия,

**Куберский Сергей Владимирович**, канд. техн. наук, профессор каф. металлургических технологий  
Донбасский государственный технический университет,  
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия,  
e-mail: Skuberskiy@yandex.ru

**Смолярчук Дмитрий Анатольевич**, начальник кислородно-конвертерного цеха  
Южный металлургический комплекс,  
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

**Вакуленко Евгений Леонидович**, зам. начальника кислородно-конвертерного цеха  
Южный металлургический комплекс,  
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

**Гангур Денис Владимирович**, магистрант каф. металлургических технологий  
Донбасский государственный технический университет,  
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

**Romanchuk A. N., \*Kuberskiy S. V.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia, \*e-mail: Skuberskiy@yandex.ru), **Smolyarchuk D. A., Vakulenko E. L.** (Southern Mining and Metallurgical Enterprise, Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia), **Gangur D. V.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia)

**STUDYING THE EFFICIENCY OF CONVERTER SLAG CUT-OFF METHODS**

The negative influence of slag entering the steel ladle during the metal release from the converter on its quality and the main indicators of the technological process as a whole is considered. A comparative analysis of the efficiency of first slag cut-off during metal release from the converter using "CONE-PLAST" plugs and kaolin wool has been carried out. It is shown that when using plugs there is a reduction of deoxidizer carbonization, slag-forming agents' consumption, electric power and duration of steel heating at the ladle-furnace unit, which provides reduction of steel production cost. Recommendations are made to improve the steelmaking technology of the oxygen converter.

**Key words:** oxygen converter, metal tapping, first slag, notch, ladle, slag cut-off, plug, desoxidant, recovery.

**References**

1. Enkner B., Paster A., Shvel'berger I. New stopper system for oxygen steelmaking slag [Novaya stopornaya sistema dlya shlaka kislorodno-konverternogo proizvodstva stali]. MRT. 2002. Pp. 12–21. (rus)
2. Device for cutting off the first converter slag when discharging the melt through the converter discharge opening. Patent 2739471 RF, no. 2018104364. Submitted 05.02.18. Published 24.12.20. Bulletin 36. 7 p.
3. Melt separator interlock assembly. Patent 34480 RK, no. 2019/0068.1. Submitted 29.01.19. Published 30.07.20. Bulletin 30. 3 p.
4. Zhautikov F. B. (et al.). Development and implementation of a device for the separation of metal and slag during the filling of the intermediate ladle [Razrabotka i vnedrenie ustrojstva dlya razdeleniya metalla i shlaka v period napolneniya promezhutochnogo kovsha]. Metallurgist. 2019. No. 7. Pp. 12–14. (rus)
5. Method of plugging tapholes in phosphorus furnaces. Patent 4030709 USA, no. 663,845. Submitted 04.03.1976. Published 21.06.1977.
6. Converter Slag Plug. Patent 2795226 CHN, no. 200520108497.5. Submitted 27.05.05. Published 12.07.06.
7. Plug for steel threaded hole in converter. Patent 2002327210 JPN, no. 2001131906. Submitted 27.04.01. Published 15.11.02.
8. Plug for preventing converter slag leakage. Patent 20030031239 SK, no. KR20010063030. Submitted 12.10.01. Published 21.04.03.
9. Shtil'kering B. Efficiency of slag cut-off methods when draining metal from the converter [Effektivnost' metodov otsechki shlaka pri slive metalla iz konvertera]. Metallurgicheskaya i Gornorudnaya Promyshlennost. 2002. No. 1. Pp. 38–41. (rus)
10. Gichev Yu. A., Pertsevoi V. A. Modeling of gas-dynamic slag cut-off providing energy and resource saving at melting release [Modelirovanie gazodinamicheskoy otsechki shlaka, obespechivayushchej energo- i resursosberezhenie pri vypuske plavki]. Metallurgicheskaya i Gornorudnaya Promyshlennost. 2007. No. 4. Pp. 84–87. (rus)
11. Gref U. (et al.). Slag-free melting release with the TAP 120 outlet gate in clean steel production [Besshlakovyy vypusk plavki s pomoshch'yu zatvora vypusknogo otverstiya TAR 120 pri proizvodstve chistoj stali]. Steel. 2005. No. 7. Pp. 51–54. (rus)
12. Bedarev S. A. Justification of parameters and improvement of BOF slag cut-off system by float-type elements during steel production: synopsis of a thesis ... of PhD in Eng. [Obosnovanie parametrov i usovershenstvovanie sistemy otsechki konverternogo shlaka elementami poplavkovogo tipa pri vypuske stali: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk]. Doneck : DonNTU, 2011. 22 p.
13. Eron'ko S. P., Smirnov A. N., Kukuj D. P. Development of effective slag separation schemes during metal discharge from the converter [Razrabotka effektivnykh skhem otsechki shlaka pri slive metalla iz konvertera]. Metallurgicheskaya i Gornorudnaya Promyshlennost. 2003. No. 8. Pp. 33–37. (rus)

14. First converter slag cut-off plug, applicator for inserting the plug into the converter fly, first converter slag cut-off system, first converter slag cut-off method. Patent 2415950 RF. No. 2009140657/02. Submitted 02.11.10. Published 10.04.11. Bulletin 23. 15 p.

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Romanchuk Aleksandr Nikolaievich**, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Metallurgical Technologies  
Donbass State Technical University,  
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

**Kuberskiy Sergey Vladimirovich**, PhD in Engineering, Professor of the Department of Metallurgical Technologies  
Donbass State Technical University,  
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia,  
e-mail: Skuberskiy@yandex.ru

**Smolyarchuk Dmitry Anatolievich**, chief of the oxygen converter shop  
Southern Mining and Metallurgical Enterprise,  
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

**Vakulenko Eugeny Leonidovich**, deputy chief of the oxygen converter shop  
Southern Mining and Metallurgical Enterprise,  
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

**Gangur Denis Vladimirovich**, candidate for a master's degree of the Department of Metallurgical Technologies  
Donbass State Technical University,  
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia