

INTERACTION OF ACIDIC REFRACTORY LINING WITH MOLTEN METAL AND SLAG DURING INDUCTION IRON SMELTING

A.S. Zavertkin

Institute of Geology, KarRS RAS

The report contains the results of investigation of interaction of quartz refractory lining with molten metal and slag.

To enhance the durability of the lining it is recommended to remove from the agglomerate the components, which actively react with silica of the mould. The increase of carbon content and decrease of silica content in the metal causes faster wear of the mould. In the slag components the more aggressive effect on the lining have oxides of magnesium and calcium, which are produced in the process of modification of iron, monoxides of iron and manganese due to decrease of stickiness, increase of wetting and penetration ability in the pores and faults in the mould walls.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КИСЛОЙ ФУТЕРОВКИ С РАСПЛАВОМ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА И ШЛАКА ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКЕ ЧУГУНА

А.С. Заверткин, safronov@krc.karelia.ru

Институт геологии, Карельский научный центр РАН

Взаимодействие огнеупорного материала с реагентами плавки в индукционной печи зависит от ряда факторов и, прежде всего, от ведения металлургических процессов. Для индукционной плавки является характерным регулирование температуры расплава, движение жидкого металла за счёт электромагнитного перемешивания, температура шлака несколько ниже температуры металла. В реакциях могут принимать участие предусмотренные и непредусмотренные технологическим процессом добавки, шлак, атмосфера и футеровка тигля. Температура в печи, концентрация вредных примесей, разрушающих футеровку, площадь взаимодействия реагентов влияют на скорость прохождения реакций. В процессе эксплуатации футеровка тигля приобретает зональное строение. Обращённая к расплаву жидкого металла и шлака внутренняя зона тигля с течением времени растворяется. За этой зоной находится переходная зона, достаточно плотная, которая подвергается воздействию более низких температур по сравнению с контактной (рабочей) зоной тигля. Далее следует кварцевая или так называемая малоизменённая зона, в которой из-за воздействия охлаждения индуктора отдельные зёрна кварцитной футеровки не связаны друг с другом. В контактной зоне футеровки анализом химического состава отмечается взаимодействие окислов железа, марганца, магния, алюминия и других компонентов плавки с кислой футеровкой индукционной печи в процессе её службы.

Шлак при плавке в индукционной печи с кислой футеровкой специально не наводится. Однако окислы, образующиеся при окислении компонентов шихты, дают своего рода "НАКИП", или шлак, который снижает стойкость футеровки в верхней части тигля и не способствует улучшению качества металла. При электромагнитном перемешивании металла, образующаяся на поверхности расплава плёнка холодных окислов увлекается вглубь ванны, где нагревается и способствует размыву и разъеданию футеровки. При этом разъедание тем меньше, чем ближе химический состав шлака к химическому составу футеровки тигля. Химический состав шлака при нагреве чугуна в индукционной печи ёмкостью 25 т (АО "Петрозаводскмаш") до температур 1400 и 1500⁰С характеризуется уменьшением закиси железа с 9,07 до 3,31%, закиси марганца от 3,26 до 1,92%, повышением содержания кремнезёма с 73,90 до 79,78% и незначительным увеличением количества глинозёма с 8,07 до 8,24%. Наиболее быстрому воздействию расплава жидкого металла и шлака подвергаются мелкие зёрна кварцита футеровки

Содержание кремнезёма в зёрнах футеровочной массы менее 0,1 мм и более 0,1 мм (футеровка из первоуральского кварцита) составляет 92,2 и 97,6% соответственно.

При температуре выше 1400⁰С начинается реакция восстановления кремния из футеровки.

Интенсивность восстановления кремния зависит, помимо температуры, от состава металла, степени его раскисленности, причём, увеличение содержания углерода и уменьшение концентрации кремния способствует более резкому износу футеровки. Это объясняется перемещением равновесного состояния реакции в сторону увеличения содержания кремния с повышением температуры чугуна за счёт его восстановления углеродом металла из футеровки, глинозём привносится в расплав с отходами и возвратом бракованных отливок в шихту.

Открытая пористость и неровная поверхность футеровки увеличивают площадь взаимодействия огнеупорной массы, шлака и металла, способствуют большему действию капиллярных сил и явления кавитации (см. рис.).

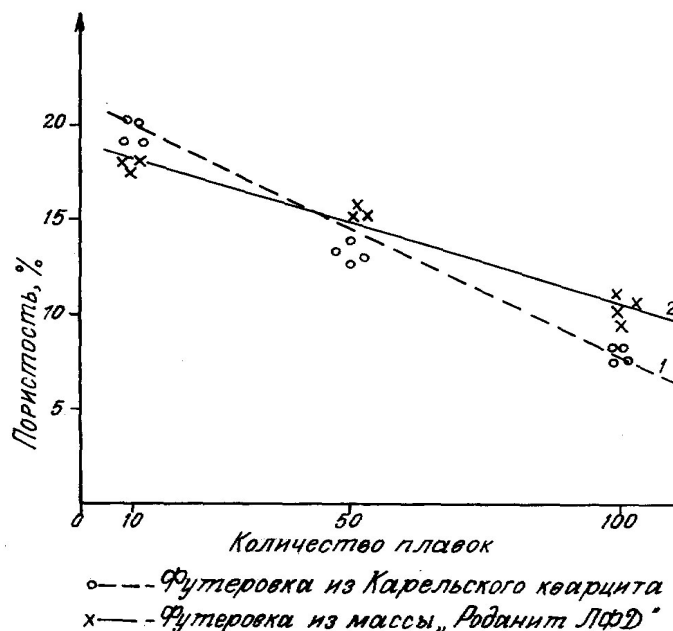


Рис. Изменение пористости футеровки в зависимости от количества плавов чугуна

В процессе исследований было установлено, что рабочая зона тигля печи ёмкостью 8 т после 1100 т выплавленного металла (карельская футеровка) содержала в мас. %: 89,38 SiO_2 ; 0,16 TiO_2 ; 2,18 Al_2O_3 ; 2,56 Fe_2O_3 ; 2,83 FeO ; 0,77 MnO ; 0,86 MgO ; 0,15 K_2O ; 0,23 Na_2O , а

рабочая зона печи ёмкостью 25 т после 1000 т выплавленного чугуна содержала в мас. %: 86,64 SiO_2 ; 0,18 TiO_2 ; 5,5 Al_2O_3 ; 1,21 Fe_2O_3 ; 1,95 FeO ; 1,00 MnO ; 2,3 CaO ; 0,72 MgO ; 0,44 K_2O ; 0,42 Na_2O .

Рентгеноструктурными анализами образцов рабочей зоны футеровки на установке ДРОН-3 было установлено наличие в ней минералов фаялита и тейфрита. Замена FeO на Fe_2O_3 в системе FeO-SiO_2 усиливает диссоциацию ионов SiO_4^{4-} . Отрицательное влияние ионов железа на степень поляризации расплавов приводит к снижению их температуры плавления и вязкости.

Таким образом, при выплавке серого чугуна при взаимодействии жидкого металла с футеровкой печи железо должно проявляться в виде окислов, орто- и метасиликатов. При плавке модифицированных магнием чугунов происходит накопление в рабочем слое футеровки окислов магния, образующих силикаты магния. При исследованиях проб средней части тигля в связующей массе было установлено наличие кристаллов метасиликата состава $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ (Кайбичева, 1970). В холодной части рабочей зоны выявлено зеленовато-жёлтое стекловидное вещество с $n=1,555-1,565$ и силикаты пироксен и клиноэнстатит.

В системе $\text{Mg}_2\text{SiO}_4\text{-Fe}_2\text{SiO}_4$ точка плавления понижается от Mg_2SiO_4 к фаялиту, поэтому при охлаждении рабочей зоны тигля первыми должны кристаллизоваться силикаты, богатые магнием. При образовании силикатов железа и магния необходимо учитывать энергетическую выгодность последних. Известно, что при образовании метасиликата магния выделяется больший пай энергии, чем при образовании метасиликата железа, поэтому, разведение тигля усиливается, магнезиальные пироксены более стабильны, чем железистые.

Таким образом, при охлаждении рабочей зоны футеровки при остановках печи, окислы железа могут входить в силикаты в 2-х валентных формах Fe^{2+} и Fe^{3+} . При участии Fe^{2+} , Mg^{2+} и Ca^{2+} в построении силикатного расплава проявляется их геометрическая общность и энергетическая неравноценность. Следует отметить, что плавка стальных отходов с малым содержанием кремния в кислом тигле характеризуется окислением 30-45% марганца от исходного его содержания в шихте в период плавления.

При высокой концентрации марганца при добавке его в печь на основании выше изложенной реакции, идущей в тигле, кремний восстанавливается из кремнезёма футеровки. С повышением температуры расплава равновесие этой реакции сдвигается вправо и разведение тигля усиливается, прежде всего, за счёт образования силикатов марганца.

Исходя из вышеизложенного, при легировании жидкого чугуна марганцем необходимо вводить его непосредственно перед выдачей чугуна из печи.

Кроме того, микропримеси свинца, алюминия, кальция, натрия и др., попадающие в расплав из шихтовых материалов и карбюризатора, активно восстанавливают кремний из кремнезёма футеровки при любой температуре в области жидкого состояния, в результате чего в последующем получают легкоплавкие силикаты кальция и натрия.

Основными источниками этих элементов является попадание эмульсии, которая остаётся на стружке и загружается в печь. Окись кальция при соединении с кремнезёмом футеровки даёт эвтектику, состоящую из тридимита и соединений CaO с SiO_2 , которые плавятся при 1436°C .

Действие окиси свинца на кислую футеровку весьма вредно, поскольку последняя вступает во взаимодействие с кремнезёмом футеровки, давая при этом легкоплавкие соединения: Кроме того, окись свинца, взаимодействуя с борной кислотой футеровки тигля, образует борат свинца:

Таким образом, для повышения стойкости кварцитной футеровки индукционных печей необходимо учитывать и по возможности исключать из состава шихты компоненты, с которыми идёт активное взаимодействие кремнезёма тигля в процессе плавки и доводки металла до необходимого химического состава.

Основное разрушающее воздействие на футеровку тигля производит резкие перепады температур, вызванные остановками печи, расплавленный металл за счёт электромагнитного перемешивания и продукты окисления железа, марганца, натрия и др.

Литература

Кайбичева М.Н. Футеровка индукционных печей в ФРГ и других капиталистических странах. "Огнеупоры", 1970, 3, С.52.

GEOCHEMICAL AND RADIOMETRIC ANALYSIS OF FOUNDRY INDUSTRIAL WASTE

A.S. Zavertkin, A.I. Savitsky

Institute of Geology, KarRS RAS

Anomalous concentration of radionuclide Cesium-137 was discovered in soil samples, which had typical appearance of casting waste, taken from a by-lane "Avtoľjubiteľi" in an uninhabited part of Petrozavodsk. According to an agreement signed between Petrozavodsk city administration and Institute of Geology, Karelian Research Centre of RAS, soil samples were taken from the sites contaminated with Cesium-137 to make analytical analysis. On the basis of the results of analysis conclusions have been made concerning the possible source of the casting waste contaminated with Cesium-137.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОМОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.С. Завёрткин, А.И. Савицкий

Институт геологии, Карельский научный центр РАН

По результатам автомобильной гамма-съёмки, проводимой ГПП «Невскгеология» по договору с Администрацией г. Петрозаводска в 1995 году, на проезде «Автолюбителей», находящемся в нежилой части города Петрозаводска, были выявлены три локальные аномалии гамма-поля. По данным шпуровой гамма-съёмки было выявлено, что наиболее активная масса грунта в основном сконцентрирована в интервале от 0,5 до 1,0 метра с уровнем мощности экспозиционной дозы (МЭД) более 100 мкР/ч. В отдельных точках МЭД составляла 2-3 мР/ч. Гамма-спектрометрическим анализом были определены аномальные содержания радионуклида цезия-137 в пробах грунта, имеющего характерные признаки отходов литейного производства.

На основании решения оперативной группы комиссии по чрезвычайным ситуациям Администрацией г. Петрозаводска были заключены договора на проведение дезактивационных работ в трех очагах заражения грунта радионуклидом цезия-137 с ГПП «Невскгеология» и с Институтом геологии Кар. НЦ РАН об отборе проб для проведения аналитических исследований.