

2. Разработана математическая модель теплового и гидравлического режимов газового нагревателя повышенного лучеиспускания с концентрированным потоком излучения, основанная на основных уравнениях теплового баланса, уравнениях сохранения массы, движения и состояния газовой смеси, с учетом параметров воздуха, поступающего на горение.

3. Выполнен расчет параметров работы трубчатого газового нагревателя повышенного лучеиспускания с концентрированным потоком излучения. Определены температуры, которые будет иметь воздух, нагретый от трубы-излучателя при определенной ее длине. Расчетом определен КПД нагревателя по степени теплового излучения (лучистый КПД). Результаты расчета подтверждают повышение излучательной способности нагревателя за счет использования конвективно нагретого воздуха на горение. Лучистый коэффициент полезного действия нагревателя с концентрированным потоком излучения при общей длине излучателя 12 м составляет свыше 80 %.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. **Иродов В. Ф.** Моделирование трубчатого нагревателя повышенного лучеиспускания как гидравлической цепи с переменными и регулируемые параметрами / В. Ф. Иродов, Д. Е. Осетянская // Системный анализ и информационные технологии: Мат. Междунар. науч.-технич. конф. САИТ 2011, Киев, 23 – 28 мая 2011 г. / УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ». – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2011. – С. 16 – 30.

2. **Иродов В. Ф.** Повышение эффективности трубчатых газовых нагревателей для лучистого отопления / В. Ф. Иродов, Д. Е. Осетянская // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. науч. тр. – Вып. 59. – Д. ПГАСА, 2011. – С. 77 – 82.

3. Пат. 59891 України, МПК (2011.01), F24D 15/00, F24C 15/00. Променевий нагрівач / Иродов В. Ф., Осетянська Д. Є., Хацкевич Ю. В.; власник Державний ВНЗ «ПДАБА». – № u201010626; заявл. 02. 09. 10; опубл. 10. 06. 11, Бюл. № 11.

4. Пат. 87028 України, МПК (2006), F24D 10/00, F24D 15/00, F24C 15/00. Пристрій для променевого опалювання / Редько А. О., Болотських М. М.; власник Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури – № a200709448; заявл. 20. 08. 2007; опубл. 10. 06. 2009, бюл. № 11.

УДК 621.746.464 : 666.974.2

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЖАРСТОЙКОГО БЕТОНА ФУТЕРОВКИ ПРИБЫЛЬНЫХ НАДСТАВОК НА КАЧЕСТВО МЕТАЛЛА В ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ СЛИТКА

*А. Ю. Конопляник, к. т. н., доц.*

**Ключевые слова:** *качество металла, прибыльная надставка, жаростойкий бетон, футеровка, слитки, усадочные дефекты, головная обрезь*

**Постановка проблемы.** На Алчевском металлургическом комбинате была отработана технология изготовления двухслойной футеровки прибыльных надставок из жаростойкого бетона [1]. Опытные промышленные испытания надставок показали, что применение жаростойкого бетона для изготовления футеровки позволяет повысить в среднем в 2 раза стойкость рабочего слоя футеровки по сравнению с футеровкой из шамотного кирпича. Кроме того, учитывая лучшую теплоизолирующую способность футеровки из жаростойкого бетона по сравнению с футеровкой из шамотного кирпича, закономерно ожидать снижения потерь тепла через боковую поверхность надставки и уменьшения распространения усадочных дефектов в тело слитка.

**Анализ публикаций.** Ранее было исследовано влияние состава жаростойкого бетона на качество металла в головной части слитка [2; 3]. Исследования были проведены при различных способах разлива и разливе различных марок сталей в слитки массой 8,5 и 24 т. Проведенные исследования показали, что лучшая теплоизолирующая способность прибыльных надставок с футеровкой из жаростойкого бетона позволяет снизить отходы металла с головной обрезью в среднем на 0,3 – 1,0 %.

**Цель работы** состояла в оценке влияния жаростойкого бетона футеровки прибыльных надставок на качество разливаемого металла в слитки массой 10,7 т.

**Изложение материала.** Для оценки влияния футеровки из жаростойкого бетона на теплоизолирующую способность прибыльной надставки и качество разливаемого металла провели исследования металла, разливаемого на слитки массой 10,7 т с прибыльными надставками, футерованными шамотным кирпичом и жаростойким бетоном. Прибыльные надставки, футерованные жаростойким бетоном, считали опытными, а надставки футерованные шамотным кирпичом, – сравнительными. Конструкции прибыльных надставок с футеровкой из шамотного кирпича и жаростойкого бетона приведены на рисунке.

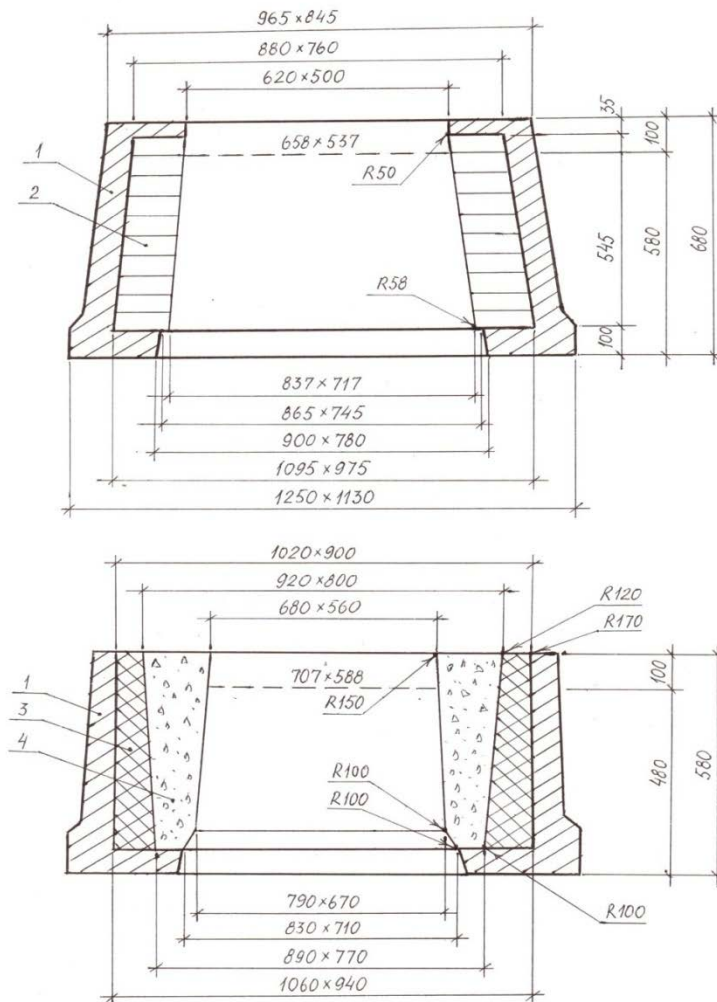


Рис. Конструкция прибыльной надставки с футеровкой из шамотного кирпича (а) и из жаростойкого бетона (б): 1 – корпус прибыльной надставки; 2 – шамотный кирпич; 3 – постоянный слой футеровки; 4 – рабочий слой; - - - - - уровень налива металла

Двухслойную футеровку из жаростойкого бетона, состоящую из постоянного и рабочего слоев, изготавливали из бетона следующего состава, масс. %: шамотный заполнитель фракции 1 – 10 мм – 63,6, глиноземистый цемент М500 – 20,5, жидкое стекло плотностью 1,3 – 15,9 г/см<sup>3</sup>.

Для улучшения теплоизолирующей способности футеровки в состав бетона постоянного слоя вводили 1,05 % вспученного перлитового песка.

Учитывая увеличенную толщину и повышенную теплоизолирующую способностью футеровки из жаростойкого бетона, в опытных надставках приняли уменьшенную до 480 мм высоту налива металла. В сравнительных надставках, футерованных шамотным кирпичом, высота налива металла составляла 580 мм. Параметры опытных и сравнительных прибыльных надставок приведены в таблице.

Опытные и сравнительные прибыльные надставки устанавливали на одном поддоне. Разливку стали из 300 т ковшей производили сифонным способом согласно действующей технологической инструкции. Температура стали на выходе из ковша составляла 1590 – 1610°С. После окончания разливки зеркало металла утепляли слоем перлитно-угольной смеси.

Исследование качества разливаемого металла производили на двух плавках при разливке стали (ст.) 40X и 10СП. От каждой плавки отбирали по одному опытному и одному сравнительному слитку. Слитки прокатывали на подкаты размерами 310 × 310 мм без удаления головной обрезки.

Отбор головной обрезки производили от подката на уровне перехода от прибыльной части к телу слитка (на уровне пояса), что составило для опытного слитка: 17,3 % длины подката для плавки ст. 40X и 16,4 % длины подката для плавки ст.10СП, а для сравнительных слитков – 20 % длины подката.

Металлографические исследования качества металла производили путем отбора поперечных темплетов 310 × 310 мм с отстрожкой их до толщины 20 мм и снятия серных отпечатков по методу Баумана и травлении темплетов в 50 % растворе HCl. Отбор темплетов производили в головной части с уровня 10 % от длины подката через 1 % до уровня 17 %, а также в теле слитка на уровнях 25 и 50 % длины подката. Темплеты были отобраны от четырех слитков: двух опытных и двух сравнительных. Химическую неоднородность металла определяли с уровня 10,5 % от длины подката путем отбора стружки (сверло диаметром 10 мм) по оси, на половине диагонали и у краев темплетов.

*Т а б л и ц а*

*Основные параметры прибыльных надставок*

Параметры	Единица измерения	Надставка	
		Сравнительная, футерованная шамотным кирпичом	Опытная, футерованная жаростойким бетоном
Высота надставки	мм	680	580
Толщина футеровки: в верхней части в нижней части	мм	130	170 135
Объем футеровки (общий): постоянного слоя рабочего слоя	м <sup>3</sup>	0,226	0,245 0,12 0,125
Уровень налива металла	мм	580	480
Объем металла в прибыли	$\frac{м^3}{\% \text{ от веса слитка}}$	$\frac{0,278}{18,2}$	$\frac{0,24}{16,0}$
Вес металла слитка	кг	10696	10430
Площадь зеркала металла	м <sup>2</sup>	0,345	0,365
Площадь поверхности футеровки, находящаяся в контакте с металлом	м <sup>2</sup>	1,16	0,952

Оценка качества макроструктуры проб металла показала:

- усадочные дефекты заканчиваются в головной части слитка и распространяются до уровня 13,5 %, как в опытном, так и сравнительном слитках плавки ст. 40X. В плавке ст. 10СП усадочные дефекты в сравнительном слитке распространяются до уровня 10,5 %, а в опытном слитке на этом уровне усадочная раковина отсутствует;

- подусадочная ликвация максимального балла 5,0 наблюдалась в опытном слитке на уровне 10,5 % плавки ст. 40X, а в сравнительном слитке на уровне 10,5 % плавки ст. 10СП. На остальных уровнях этих плавков ликвация составляет 0,5 – 3,0 балла, что соответствует ГОСТ 10243 – 75;

- точечная неоднородность максимального балла 4,0 наблюдалась в сравнительном слитке на уровне 13,5 % плавки ст. 40X, а в опытном слитке максимального балла 3,5 на уровне 13,5 %

плавки ст. 10СП. На остальных уровнях этих плавков точечная неоднородность составляет 0,5 – 3,0 балла, что соответствует ГОСТ 10243 – 75;

- центральная пористость в опытном и сравнительном слитках на различных уровнях практически одинакова и составляет 0,5 – 2,0 балла. Ликвационный квадрат находится в пределах 0 – 1,0 балла;

- общая пятнистая ликвация максимального балла 3,5 находится в сравнительном слитке на уровне 13,5 % плавки ст. 10СП, а в опытном слитке максимального балла 2,5 на уровне 14,5 % плавки ст. 40Х. На остальных уровнях этих плавков пятнистая ликвация составляет 0,5 – 2,0 балла, что соответствует ГОСТ 10243 – 75;

- флокены наблюдаются в опытном слитке на уровне 10,5 % плавки ст. 40Х, а в сравнительном слитке на уровне 13,5 % той же плавки. На остальных уровнях флокены отсутствуют;

- по вторичным усадочным дефектам (подусадочная ликвация, точечная неоднородность, центральная пористость, пятнистая ликвация, флокены) металл по ГОСТ 4728 – 96 имеет удовлетворительную макроструктуру, как для опытного, так и для сравнительного слитков с уровня 15,0 % от длины подката плавки ст. 40Х и с уровня 14,5 % от длины подката плавки ст. 10СП.

- распространение ликвирующих элементов С, Мп, Si, S и Р в опытных и сравнительных слитках равномерное и не превышает пределы ГОСТ 4543 – 71\* для плавки ст. 40Х и ГОСТ 1050 – 88 для плавки ст. 10СП. При этом содержание ликвирующих элементов в опытном и сравнительном слитках на исследуемых уровнях составляет соответственно: С = 0,36 – 0,44 и 0,37 – 0,46 %, Мп = 0,68 – 0,82 и 0,55 – 0,84 %, Si = 0,26 – 0,31 и 0,27 – 0,32 %, S = 0,035 – 0,042 и 0,033 – 0,04 %, Р = 0,012 – 0,032 и 0,013 – 0,03 % для плавки ст. 40Х и С = 0,1 – 0,14 и 0,12 – 0,16 %, Мп = 0,36 – 0,48 и 0,38 – 0,49 %, Si = 0,13 – 0,2 и 0,13 – 0,16 %, S = 0,032 – 0,042 и 0,029 – 0,04 %, Р = 0,011 – 0,019 и 0,01 – 0,017 % для плавки ст. 10СП.

**Выводы.** Анализ качества металла показал, что усадочные дефекты в слитках, отлитых с опытными прибыльными надставками, футерованными жаростойким бетоном, с уменьшенным на 0,038 м<sup>3</sup> ( 266 кг) расходом металла в прибыли, локализируются в пределах прибыльной части и не входят в тело слитка. Улучшение теплоизолирующей способности прибыльной надставки с футеровкой из жаростойкого бетона по сравнению с надставкой, футерованной шамотным кирпичом, позволяет говорить о возможности снижения головной обрезки слитков не менее чем на 1 %.

## ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **А. Ю. Конопляник.** Опыт и перспективы применения жаростойкого бетона для изготовления футеровки прибыльных надставок сталеплавильного производства // Вісник Придніпр. держ. акад. будівниц. та архітект. – Д. : ПДАБА, 2012. – № 6. – С. 36 – 41.

2. **Гизатулин Г. З., Белкин А. И., Агафонова Е. Н. и др.** Повышение качества 24 т слитков спокойной стали, отлитых с утеплением головной части // Сталь. – 1990. – № 9. – С. 75 – 76.

3. **Завадский М. Я., Конопляник А. Ю., Омесь Н. М. и др.** Повышение качества 8,5 т слитков спокойной стали, отлитых с утеплением головной части жаростойким бетоном // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 1992. – № 1. – С. 16 – 17.

УДК 624.131.524

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ

*Е. И. Прудько, к. т. н., доц.*

**Ключевые слова:** упругое основание, коэффициенты постели, модель Винклера, двухпараметрическая модель

**Постановка проблемы и её связь с научными и практическими задачами.** При расчете конструкции на упругом основании возникают проблемы учета распределительных свойств основания, которые игнорируются в простейшем случае винклера основания. Большинство