

ника и информатика в образовании, науке и производстве» (28–29 марта 2013 г.). Екатеринбург УрФУ, 2013. – С. 44–46.

3. Федоров С. С. Анализ эффективности применения высокотемпературных секционных утилизаторов теплоты с кипящим слоем. Постановка задачи. Часть I // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2013. – № 3. – С. 125–128.

4. Федоров С. С. Анализ эффективности применения высокотемпературных секционных утилизаторов теплоты с кипящим слоем. Результаты исследований. Часть II // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2013. – № 4. – С. 107–109.

УДК 669.045

Ю. М. Доронина, С. Н. Форись

«Национальная металлургическая академия Украины», г. Днепропетровск, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЧУГУНОВОЗНОГО КОВША

Аннотация

Способ транспортировки чугуновозных ковшей открытыми приводит к тепловым потерям как полных ковшей с расплавом, так и пустых, что влияет на снижение температуры чугуна. Была поставлена задача, которая заключается в усовершенствовании способа транспортировки чугуновозных ковшей, путем использования теплоизоляционной крышки. Применение теплоизоляционной крышки позволяет существенно снизить потери тепла в окружающую среду, это приводит к повышению температуры чугуна в сталеплавильном цехе и улучшение его технико-экономических показателей.

На математической модели было исследовано влияние наличия теплового экрана. Данная задача применялась как для полного ковша с жидким чугуном, так и пустого.

Ключевые слова: чугуновозный ковш; тепловой экран; нестационарный теплообмен; тепловое излучение, тепловые потери.

Abstract

Method of transportation open iron ladle leads to heat loss as a full ladle and empty, which affects the temperature decrease of iron. Was a task which is to improve the mode of transportation ladle, by using heat insulation cover. Application of heat insulation cover can significantly reduce heat loss to the environment, it increase the temperature of iron in the steel plant and improve its technical and economic indicators.

On the mathematical model investigated the effect of the availability the heat screen. This task used both for full ladle melt and empty.

Keywords: iron ladle; heat screen; nonstationary heat exchange; thermal radiation; heat loss.

Данная работа заключалась в исследовании процесса теплообмена при транспортировке чугуновозного ковша. Ковш с жидким чугуном транспортируется по железнодорожным

рельсам от доменного цеха к сталеплавильному и пустым возвращается обратно. Среднее время оборота чугуновоза составило 300 минут. Транспортировка полного ковша составляет 96 мин и пустого ковша – 204 мин.

Во время технологических операций с чугуновозным ковшом необходимо контролировать температуру расплава. При движении ковша между цехами, происходит снижение температуры чугуна за счет тепловых потерь через боковую поверхность, днище и с поверхности зеркала расплава. Данные потери существенно влияют на дополнительные затраты, связанные с подогревом чугуна в миксере, и конечную стоимость продукции данного передела.

Одна из основных причин значительного снижения температуры жидкого чугуна при транспортировке ковша – большое количество энергии, теряемое излучением с зеркала поверхности расплава. Решением данной проблемы является использование закрытого ковша, что позволит минимизировать потери тепла расплава. Энергия, теряемая излучением, может быть сохранена с помощью применения теплоизоляционной крышки. Если накрыть ковш крышкой, то последний, нагретый за счет излучения горячего чугуна или от горячих огнеупоров, начнет излучать тепло обратно на расплав или огнеупорный материал.

Реальный ковш (рис. 1) имеет сложную форму: боковая поверхность представлена в виде цилиндра и днище – полушар.

Для упрощения чугуновозный ковш заменен простой геометрической формой – цилиндром с плоским днищем. Были выполнены замены размеров реального ковша на эквивалентные. При этом площадь и объем эквивалентного ковша остались равны площади и объему реального ковша, что не искажает расчет.

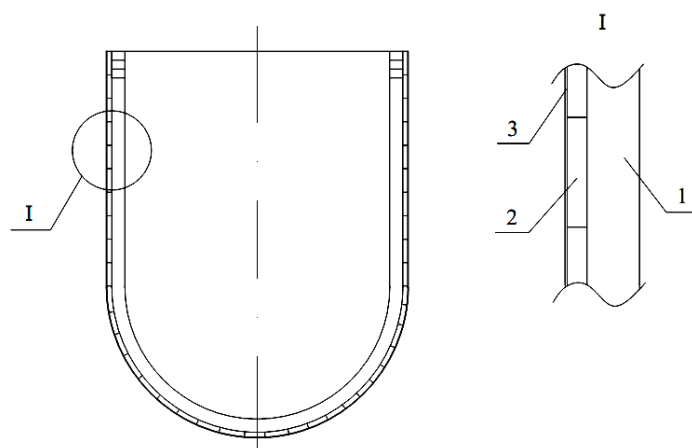


Рис. 1. Схема реального ковша: 1 – огнеупорный бетон; 2 – шамотный кирпич; 3 – асбест

Был рассмотрен ряд методик [1–4], которые позволяют определить распределения температур в расплаве и внутри футеровки ковша.

Моделирование процесса при нестационарном теплообмене расплава с окружающей средой и поверхностью ковша производилось по исходным данным, приведенным в табл. 1. В качестве исследуемого образца был принят 70-тонный чугуновозный ковш. Материалом теплового экрана (крышка) выбрана углеродистая сталь марки 45 с содержанием углерода 0,42–0,5 % [5].

Таблица 1

Исходные данные для определения потерь теплоты жидкого чугуна

№	Наименование	Величина	Размерность
1	Площадь поверхности ковша	27,65	м ²
2	Площадь горловины ковша	5,245	м ²
3	Объем ковша	15,69	м ³
4	Толщина экрана	3	мм
5	Плотность материала экрана	7826	кг/м ³
6	Степень черноты экрана	0,8	
7	Теплоемкость экрана	0,58	кДж/кг·°С
8	Температура жидкого чугуна на выпуске	1450	°С
9	Масса чугуна	70000	кг
10	Теплоемкость чугуна	0,84	кДж/кг·°С
11	Степень черноты жидкого чугуна	0,29	
12	Температура окружающей среды	20	°С

Параметры слоев футеровки ковша приведены в табл. 2 (где t – температура материала слоя футеровки).

Таблица 2

Теплофизические свойства компонентов футеровки [6; 7]

Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Теплоемкость, кДж/кг·°С	Теплопроводность, Вт/м·°С	Число слоев
Огнеупорный бетон	120	1980	$0,837 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot t$	$0,93 + 0,69 \cdot 10^{-3} \cdot t$	4
Шамотный кирпич	45	1860	$0,808 + 0,314 \cdot 10^{-3} \cdot t$	$0,7 + 0,64 \cdot 10^{-3} \cdot t$	2
Асбест	5	1100	$0,84 + 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot t$	$0,157 + 0,14 \cdot 10^{-3} \cdot t$	1

На первом этапе исследования был принят ряд допущений, таких как: теплофизические свойства чугуна и экрана – const; температура окружающей среды – const, не учитывалось влияние засыпки зеркала жидкого чугуна.

На рис. 2 и 3 показано распределение температуры в кладке ковша, жидком чугуне, а также в теплоизоляционной крышке при разных условиях транспортировки чугуновозного ковша.

При транспортировке ковша без крышки температура жидкого чугуна снизилась на 100 °С. В связи с тем, что была применена теплоизоляционная крышка, температура чугуна повысилась на 53 °С. При наличии экрана количество передаваемой энергии уменьшилось в два раза. Еще больший эффект снижения можно получить, если применять экраны с малой степенью черноты.

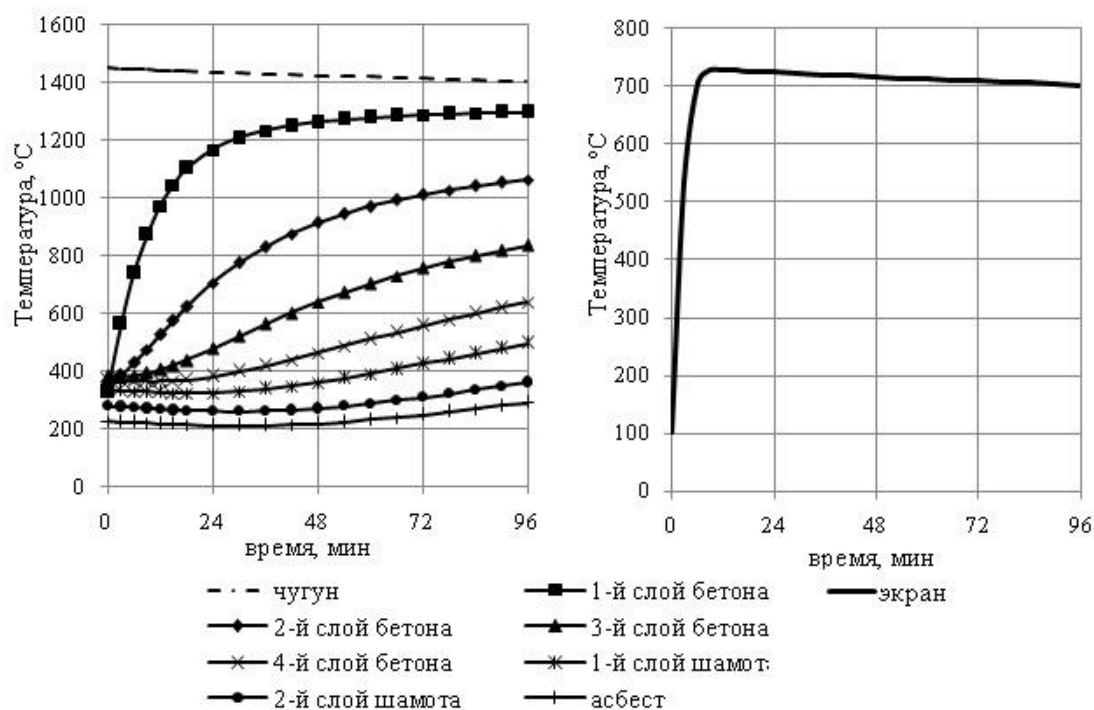


Рис. 2. Изменение температуры чугуна, кладки и экрана при транспортировке полного ковша

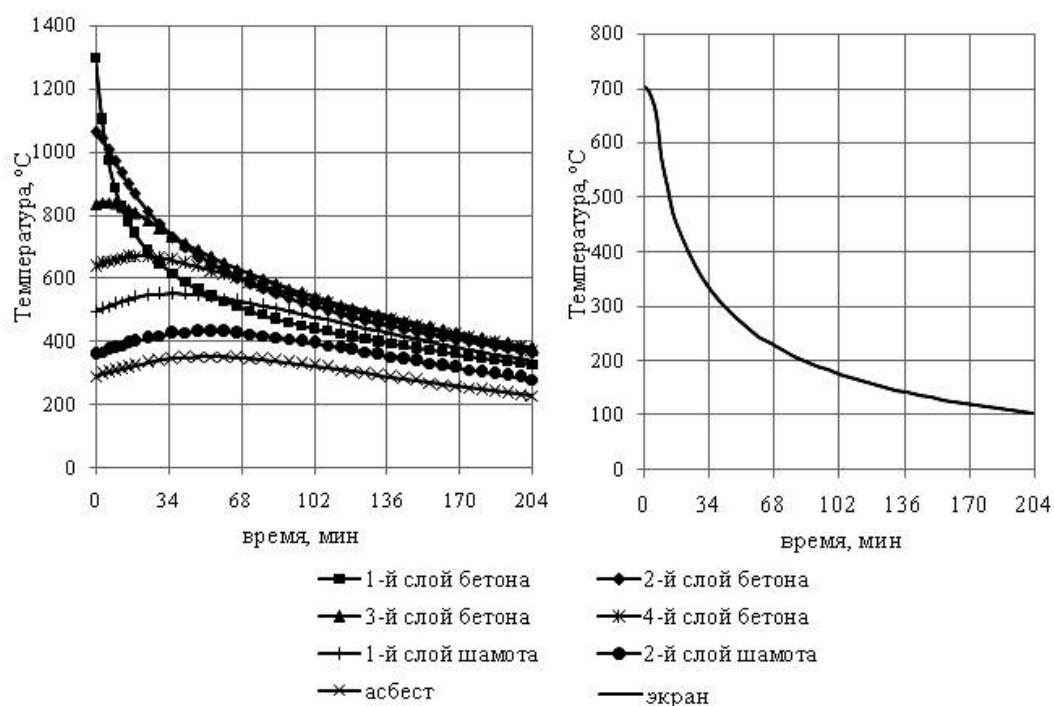


Рис. 3. Изменение температуры кладки и экрана при транспортировке пустого ковша

Реализация задачи по снижению тепловых потерь имеет ряд преимуществ. Это улучшение технико-экономических показателей жидкого чугуна, повышение температуры расплава при транспортировке чугуновозного ковша, улучшение экологической ситуации. Применение ковшей с крышками существенно улучшают условия труда на производстве. Уменьшение излучения с открытой поверхности жидкого чугуна или от шлаковых настелей в ковшах может повысить комфортность условий труда работников горячих участков – воздух становится значительно чище.

Список использованных источников

1. Самарский А. А. Теория разностных схем. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1989. 616 с.
2. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач. М.: Мир, 1972. 420 с.
3. Свинолобов Н. П., Абраменков Ю. Я. Методы численного решения и математического моделирования процесса теплопроводности: учебное пособие. Днепропетровск: ДМетИ, 1974. 77 с.
4. Дульнев Г. Н., Парфенов В. Г., Сигалов А. В. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена. М.: Высшая школа, 1990. 207 с.
5. Шишков М. М. Марочник сталей и сплавов: Справочник. Изд. 3-е доп. Донецк: Юго-Восток, 2002. 456 с.
6. Аверин С. И., Гольдфарб Э. М., Кравцов А. Ф., Радченко И. И., Розенгарт Ю. И., Свинолобов Н. П., Семикин И. Д., Тайц Н. Ю. Расчеты нагревательных печей. – 2-е изд., испр. и доп. Киев: Техника, 1969. 540 с.
7. Казанцев Е. И. Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Metallurgia, 1975. 368 с.

УДК 669.045

О. А. Зырянцев, В. А. Гольцев

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

Институт материаловедения и металлургии,

кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии», г. Екатеринбург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗМОРАЖИВАНИИ

Аннотация

В статье изложены результаты по экспериментальному определению коэффициента температуропроводности сыпучих тел различной влажности, подвергающихся размораживанию. Приведен обзор возможных решений по борьбе со смерзаемостью рудных материалов. Дана подробная классификация решений по борьбе со смерзаемостью от профилактических мер до восстановления сыпучести. Рассмотрены методы определения теплофизических свойств материалов. Приводится описание одного из методов определения коэффициента температуропроводности. Представлены результаты экспериментальных исследований для сыпучих тел с различной влажностью.

Ключевые слова: сыпучесть, размораживание, температуропроводность, концентрат.