Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Научный журнал

ВЕСТНИК
Сибирского государственного индустриального университета

№ 2 (28), 2019

Основан в 2012 году
Выходит 4 раза в год

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

Редакционная коллегия

М.В. Темлянцев (главный редактор)
А.В. Новичихин (отв. секретарь)
П.П. Баранов
Е.П. Волынкина
Г.В. Галевский
В.Ф. Горюшкин
В.Е. Громов
Л.Т. Дворников
Жан-Мари Дрезет
Стефан Золотарефф
Пенг Као
С.В. Коновалов
С.М. Кулаков
А.Г. Никитин
Е.Г. Оршанская
Т.В. Петрова
Е.В. Протопопов
В.И. Пантелеев
Арвинд Сингх
А.Ю. Столбоушкин
И.А. Султангузин
А.В. Феоктистов
В.Н. Фрянов
В.П. Цымбал
Си Чжан Чен

ISSN 2304-4497

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Савельев А.Н., Полищук С.В. Поданев А.Ю. Оценка возможности реализации трибометаллургических технологий на меди...3
Запольская Е.М., Темлянцев М.В., Григорьев А.В. Исследование влияния температурных режимов на параметры тепловой работы стендов разогрева футеровок сталеразливочных ковшей……..……..7
Якушевич Н.Ф., Темлянцев М.В., Павлов В.В., Абина А.А., Кузнецова О.В. Исследование свойств барий-стронциевых карбонатных концентратов с целью использования их в качестве сырья для получения лигатур-модификаторов……11
Уманский А.А., Денисов Я.В. Исследование влияния параметров производства слитков конвертерной стали на качество их внутренней структуры……15

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Чижик Ю.И. Комплексная математическая модель термодинамических процессов угольных шахт…….19

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

Дворников Л.Т., Макаров А.В., Комилов Д.С. Кинематическое исследование щековой дробилки с двумя подвижными щеками…….22

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ганиев И.Н., Эсанов Н.Р., Хакимов А.Х., Ганиева Н.И. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АЖ 2.18 с церием…….25

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

Осипов Ю.К., Матехина О.В., Голодова М.А. Архитектурная графика как компонент архитектурного проектирования……..31
Осипов Ю.К., Никоненко Е.Ю., Черемнова А.Н. Искусственные компоненты садово-парковой архитектуры и мастерство включения ее в городской ландшафт……34

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Сященко М.Ю. Организация безопасности работ при эксплуатации аммиачных холодильных установок на примере гипермаркета «Лента»…….39

ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА

Казанцева Г.Г., Борисова Т.Н. Современные технологии оценки потенциала личности в эпоху цифровизации…….....….42

ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ, БИОГРАФИИ

К 80-ЛЕТИЮ ЮРИЯ СЕРГЕЕВИЧА КАРАБАСОВА……...44

Рефераты……45
К сведению авторов……50

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-52991 от 01.03.2013 г.

Адрес редакции:
654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный
индустриальный университет
каб. 433 М
тел. 8-3843-74-86-28
http: www.sibsiu.ru
e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru

Адрес издателя:
654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный
индустриальный университет
каб. 336 Г
тел. 8-3843-46-35-02
e-mail: rector@sibsiu.ru

Адрес типографии:
654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный
индустриальный университет
каб. 280 Г
тел. 8-3843-46-44-02

Подписные индексы:
Объединенный каталог «Пресса России» – 41270

Подписано в печать
28.06.2019 г.
Выход в свет
28.06.2019 г.
Формат бумаги 60×88 1/8.
Бумага писчая.
Печать офсетная.
Усл.печ.л. 4,5.
Уч.-изд.л. 4,9.
Тираж 300 экз.
Заказ № 163.
Цена свободная.

УДК 531.44.002.52

А.Н. Савельев, С.В. Полищук, А.Ю. Поданев

Сибирский государственный индустриальный университет

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТРИБОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА МЕДИ

В металлургической промышленности существует целый ряд устройств, к которым предъявляются требования высокой теплопроводности. В качестве материала таких устройств широко используется медь или сплавы на медной основе. Одним из таких устройств в металлургическом оборудовании является кристаллизатор машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Наиболее частыми причинами выхода из строя кристаллизатора является износ рабочих поверхностей медных облицовок. При литье стали на МНЛЗ происходит скольжение формирующейся корочки слитка по поверхности медных рабочих стенок кристаллизатора. В результате такого трения происходит довольно интенсивное абразивное изнашивание этих стенок из-за сравнительно небольшой микротвердости меди (80 Н/мм^2).

В настоящее время существует множество способов повышения работоспособности кристаллизаторов [1], однако все они по тем или иным причинам широкого применения не нашли, и поиск подходов, позволяющих обеспечить высокую работоспособность медных изделий, продолжается. Одним из возможных способов получения модифицированных материалов является трибометаллургическая технология на основе эффекта циркуляционного трения [1, 2]. Известно, что любой вид трения является синергетическим процессом, в результате которого образуется вторичная структура или «третье тело» [2] (промежуточная зона), которое расположено между взаимодействующими поверхностями. Вид образовавшегося в зоне трения такого тела определяется, прежде всего, энергетическими условиями контактируемых поверхностей.

В рамках энергетических координат циркуляционное трение расположено между зонами микрорезания (внутреннего трения) и фрикционного резания [3]. Суть этого эффекта состоит в том, что при определенных энергетических условиях одна из поверхностей трения начинает интенсивно деформироваться, формируя таким образом аморфный слой значительной толщины. Процесс деформирования носит ярко выраженный циркуляционный характер, в результате которого структура металла сильно измельчается [4]. Проработка слоя происходит настолько интенсивно, что в результате циркуляций кристаллическая структура металла теряется, возникает аморфная структура толщиной до 2 – 3 мм (рис. 1). При этом у слоя сдеформированного металла возникает целый набор совершенно уникальных свойств, свидетельствующих о том, что сформировалась новая структура участвующего в процессе трения материала [5].

Для реализации трибометаллургических технологий на меди необходимо знать режимы действия инструмента на металл, при которых возникает эффект циркуляционного трения [6]. Циркуляционное трение возникает в результате определенным образом организованного контакта материала с инструментом, рабочая поверхность которого движется со скоростью

Рис. 1. Структура, × 100, поверхностного слоя меди после трибометаллургической обработки

Матрица планирования эксперимента

Величина заглубления диска, мм	Номер опытов при скорости подачи стола, мм/с			
	2,04	3,83	4,96	7,85
0,025	1 15	16 29	18 30	3 13
0,050	22 14	2 23	26 17	12 32
0,075	8 24	27 31	9 6	28 5
0,100	10 21	11 4	19 7	25 20

105 м/с [7]. Во время воздействия на материал происходит сильный, локализованный в зоне контакта разогрев и последующая его интенсивная объемная деформация по циркуляционным траекториям. Зоне циркуляционного трения предшествует зона внутреннего трения. В этой зоне на одной из поверхностей металла начинают образовываться задиры, которые к моменту перехода от зоны внутреннего трения к зоне циркуляционного трения создают интенсивно сдеформированный объемный слой металла [8]. При переходе через зону циркуляционного трения металл начинает выдавливаться из зоны трения и процесс начинает реализовывать механизм фрикционного резания [9]. В самой зоне циркуляционного трения интенсивная механическая деформация разрушает кристаллическую структуру материала, делая ее аморфной, а циркуляционные течения равномерно ее перемешивают, перенося поверхностные слои материала в подповерхностные и обратно. Одновременно циркуляционные потоки могут переносить подаваемую в зону деформации добавку, распределяя ее по всему деформированному слою и реализуя таким образом разнообразные трибометаллургические технологии [10].

Наиболее достоверным способом нахождения режимов организации трибометаллургического процесса на сегодняшний день является эксперимент. Опыты по определению параметров трения проводили на лабораторной установке [4]. Экспериментальная установка представляет собой консольно-фрезерный станок 6Н81, на станине которого установлен электродвигатель мощностью 11 кВт и числом оборотов 2900 об/мин. На вал электродвигателя помещен диск толщиной рабочей поверхности 20 мм. Диаметр диска 690 мм, что обеспечивает необходимую технологическую скорость движения рабочей поверхности инструмента. Образец из меди закрепляется на рабочем столе станка и подается в технологическую зону с различной скоростью. Величина скорости подачи фиксированная и выбирается включением скорости коробки подач. Значение заглубления диска в образец устанавливается механизмом подъема стола до начала трибометаллургического процесса.

При проведении эксперимента варьировали два фактора: скорость подачи стола и величину заглубления диска. Диапазон изменения варьируемых величин и последовательность проведения опытов приведены в таблице.

В качестве параметров процесса взаимодействия меди с инструментом в настоящей работе использовали толщину прорабатываемого слоя и мощность, затрачиваемую на реализацию процесса. Потребляемую мощность трибометаллургического процесса фиксировали с помощью ваттметра, подключенного к электродвигателю типа Д539. Для замера толщины аморфного слоя, получаемого на меди в каждом опыте эксперимента, были изготовлены медные шлифы. По геометрическим параметрам пятна контакта инструмента с образцом определяли площадь пятна контакта. Далее находили удельную мощность взаимодействия инструмента с медным образцом.

После травления и исследования шлифов был проведен металлографический анализ образцов, в результате которого были выявлены структурные изменения в подповерхностной области. По структуре металла, получаемой при травлении шлифов, определяли степень проработки поверхностного слоя и его толщину.

Характер изменений толщины аморфного слоя и удельной мощности взаимодействия инструмента с медью показаны на рис. 2 и 3.

На графике изменения толщины аморфного слоя выделяется максимальное значение, получаемое при скорости подачи v = 4,96 мм/с и величине заглубления инструмента в обрабатываемый металл t = 0,05 мм, что соответствует h = 0,7 мм. При этом удельная мощность трения в иссле дуемом диапазоне скоростей подачи материала в

Рис. 2. Диаграмма распределения толщины аморфного слоя, полученного трибометаллургическим способом, в зависимости от разных режимов обработки. Здесь и на рис. 3 цифры в кружках – номера опытов

технологическую зону и заглубления инструмента минимальна и соответствует $W = 88{,}4$ Вт/мм^2.

Выводы. Результаты работы показывают, что способ циркуляционного трения возможен: это подтверждено выполненным экспериментом. В результате исследований были выявлены структурные изменения в подповерхностной области, определена толщина получаемого слоя. По итогам эксперимента проведена оценка параметров, при которых достигается механизм циркуляционного трения, а именно: максимальное изменение толщины слоя происходит при скорости подачи стола v = 4,96 мм/с, величине заглубления диска t = 0,05 мм, толщина образовавшегося слоя равна h = 0,7 мм.

Рис. 3. Диаграмма распределения удельной мощности в зависимости от скорости вращения и величины заглубления диска

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Локтева Н.А., Савельев А.Н. О характеристиках колебательного процесса в зоне взаимодействия инструмента с материалом при циркуляционном трении // Изв. вуз. Черная металлургия. 2008. № 8. С. 48 – 52.
2. Савельев А.Н. Особенности механизма циркуляционного трения твердых тел // Изв. вуз. Черная металлургия. 1991. № 4. С. 101 – 103.
3. Костецкий Б.И. О контактных взаимодействиях при трении и резании материалов // Надежность и долговечность машин и сооружений. 1982. № 1. С. 72 – 81.
4. Логунов И.И., Люленков В.И., Чалков В.С. Установка для упрочнения деталей высокоскоростным трением // Изв. вуз. Черная металлургия. 1985. № 2. С. 131 – 134.
5. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, А.К. Караулов. – Киев: Техника, 1976. – 286 с.
6. Савельев А.Н., Савельева Н.А. – В кн.: Основы технологических процессов получения аморфизированных лент на основе эффекта циркуляционного трения. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 1998. С. 95 – 99.
7. Никитюк Ю.Н., Григоренко Г.М., Зеленин В.И. и др. Технология восстановительного ремонта кристаллизаторов МНЛЗ способом наплавки трением с перемешиванием // Современная электрометаллургия. 2013. № 3. С. 51 – 55.
8. Савельев А.Н. Особенности механизма трения при скоростном взаимодействии гладким диском на металл. – В кн.: Повышение эксплуатационной надежности деталей и технологического инструмента металлургических машин. – М.: Металлургия, 1991. С. 92 – 96.
9. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. – Киев: Техника, 1970. – 396 с.
10. Кабалдин Ю.Г. Синергетический подход к процессам трения // Вестник машиностроения. 1996. № 12. С. 22 – 30.

© 2019 г. *А.Н. Савельев, С.В. Полищук, А.Ю. Поданев*

Поступила 31 января 2019 г.

УДК 669.046:536.7

Е.М. Запольская, М.В. Темлянцев, А.В. Григорьев

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ НА ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ СТЕНДОВ РАЗОГРЕВА ФУТЕРОВОК СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

Разогрев футеровок сталеразливочных ковшей перед приемом расплава стали является важной технологической операцией. Высокотемпературный нагрев футеровок до 1100 – 1200 °С обеспечивает снижение скорости охлаждения расплава стали и термических напряжений в футеровке, вызванных резким ее нагревом от жидкого металла, способствует повышению стойкости и срока службы кладки. По данным работы [1] повышение температуры разогрева футеровки с 900 до 1200 °С приводит к снижению расхода электроэнергии на установке ковш-печь на 10 % и к увеличению стойкости футеровки на 3 – 5 %. Результаты исследований, проведенных авторами работы [2], показывают, что для ковшей емкостью 30 т повышение температуры футеровки на каждые 100 °С позволяет снизить температуру выпуска металла из дуговой сталеплавильной печи на 11 °С, что соответствует экономии 4 кВт·ч электроэнергии на 1 т жидкой стали.

Отапливаемые газом стенды высокотемпературного разогрева футеровок ковшей различных конструкций характеризуются различными параметрами тепловой эффективности [3 – 8]. Актуальной является научно-практическая задача повышения энерготехнологической и тепловой эффективности стендов. Эта задача представляет определенный интерес с точки зрения экономии энергетических ресурсов и снижения затрат на производство стали.

Температурные режимы разогрева футеровок имеют ряд ограничений на различные параметры, вызванные теплофизическими и физико-химическими свойствами разогреваемого материала, конструктивными особенностями стенда, тепловой мощностью горелочного устройства. В частности, максимальная скорость разогрева футеровки, как правило, лимитирована допустимыми скоростями разогрева огнеупора из условий отсутствия трещинообразования от температурных или фазовых напряжений и тепловой мощностью стенда. Низкая скорость разогрева увеличивает его продолжительность, снижает производительность технологической операции, приводит к увеличению парка ковшей. Для углеродсодержащих огнеупоров рабочего слоя, получивших широкое распространение в сталеплавильном производстве, низкая скорость нагрева и более высокая его продолжительность приводят к росту времени нахождения поверхности футеровки при температурах более 600 – 700 °С, а, соответственно, к росту глубины обезуглероженного слоя и повышенному износу огнеупоров [9 – 14].

В настоящей работе проведены исследование влияния температурного режима разогрева футеровки на тепловую эффективность стенда и изучение динамики показателей теплового состояния ковша в процессе разогрева. Для исследований использована математическая модель [15, 16]. В качестве исходных данных принимали конструкцию футеровки, соответствующую сталеразливочным ковшам емкостью (E) 90, 350 и 480 т [17]. Рабочий слой выполнен из алюмопериклазоуглеродистого огнеупора [13]. Химический состав природного газа, используемого для отопления стенда, следующий: 91,50 % CH_4; 3,07 % C_2H_6; 1,73 % C_3H_8; 0,9 % C_4H_{10}; 2,34 % N_2; 0,45 % CO_2; 0,01 % O_2. В рассматриваемой конструкции стенда имеется зазор 250 мм между крышкой и ковшом. Подогрев воздуха отсутствует. При проведении многовариантных расчетов принимали режим разогрева с постоянной скоростью (θ) 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150 и 200 °С/ч (температура среды изменялась по линейному закону) и продолжительностью (τ) разогрева 40, 30, 24, 20, 15, 12, 8 и 6 ч. Конечная температура нагрева поверхности футеровки составляла 1200 °С.

В таблице и на рис. 1 и 2 представлены результаты исследований (где $t_{ср}$, $t_{р\text{-}а}$, $t_{кож}$ – температуры греющей среды, на стыке рабочего и арматурного слоев, кожуха ковша; Q – объем природного газа, затраченного на разогрев; B_{max} – максимальный расход топлива за период разогрева; $B_{уд}$ – удельный расход условного топлива на тонну стали [17]; КПД – тепловой коэффициент полезного действия стенда; q_{akk}, q_{tep} и q_d – тепло, аккумулированное кладкой, уходящее с дымом и теряемое теплопроводностью через футеровку в окружающую среду.

Показатели тепловой работы стендов при различных режимах разогрева футеровок

E, т	θ, °С/ч	τ, ч	$t_{ср}$, °С	$t_{р\text{-}а}$, °С	$t_{кож}$, °С	Q, м^3	B_{max}, м^3/ч	$B_{уд}$, кг у.т/т	КПД, %	q_{akk}, %	q_d, %	q_{tep}, %
90	**30**	40	1239	**1110**	**341**	3655	**207**	51,8	29,4	28,9	40,5	11,0
90	**40**	30	1245	**1088**	**326**	3111	**226**	44,1	33,7	33,2	40,9	8,4
90	**50**	24	1257	**1066**	**309**	2799	**247**	39,6	36,7	36,1	41,4	6,5
90	**60**	20	1268	**1038**	**290**	2564	**267**	36,3	38,9	38,3	41,9	5,1
90	**80**	15	1290	**991**	**256**	2299	**312**	32,6	41,3	40,7	43,3	3,3
90	**100**	12	1310	**971**	**224**	2132	**362**	30,2	42,3	41,8	44,4	2,2
90	150	8	1355	**851**	**163**	1905	**496**	27,0	42,5	42,0	47,4	1,0
90	200	6	1394	776	**123**	1776	634	25,2	41,6	41,2	49,8	0,5
350	**30**	40	1234	**1071**	**201**	7546	**354**	27,5	41,4	40,6	39,0	5,2
350	**40**	30	1245	**1030**	**180**	6726	**409**	24,5	44,6	43,7	39,5	3,3
350	**50**	24	1257	**995**	**161**	6274	**470**	22,9	46,1	45,3	40,3	2,3
350	**60**	20	1268	**960**	**142**	5937	532	21,6	46,9	46,1	41,1	1,5
350	**80**	15	1290	**896**	**111**	5474	652	19,9	47,3	46,6	42,6	0,8
350	**100**	12	1310	**838**	87	5140	782	18,7	47,1	46,5	43,8	0,4
350	150	8	1355	724	53	4604	1102	16,8	45,8	45,3	46,5	0,1
350	200	6	1394	639	38	4277	1427	15,6	44,3	43,9	48,7	0
480	**30**	40	1240	**1018**	**180**	10270	**461**	27,3	44,6	43,8	39,1	3,9
480	**40**	30	1255	**969**	**157**	9364	541	24,9	46,6	45,8	40,1	2,4
480	**50**	24	1263	**918**	**134**	8639	636	22,9	47,7	47	40,8	1,5
480	**60**	20	1276	**875**	**114**	8185	728	21,7	48,0	47,4	41,6	1,0
480	**80**	15	1300	**799**	85	7529	899	20,0	47,9	47,3	43,2	0,5
480	**100**	12	1310	734	65	7027	1074	18,7	47,4	46,9	44,4	0,2
480	150	8	1362	608	39	6193	1488	16,4	46,0	45,5	46,9	0,1
480	200	6	1397	519	29	5690	1889	15,1	44,5	44,1	48,9	0

Анализ полученных результатов показывает наличие характерной зависимости КПД от скорости разогрева: зависимость имеет экстремальный характер, причем для ковшей различной емкости экстремум имеет различное значение. При увеличении скорости разогрева от 30 до 80 – 150 ºС/ч (в зависимости от емкости ковша) (рис. 1) наблюдается рост КПД, далее, при более высоких скоростях разогрева КПД снижается.

Такая зависимость КПД от скорости разогрева объясняется особенностями процессов внешнего и внутреннего теплообмена. При медленном и продолжительном разогреве температура среды значительно ниже, чем при скоростном форсированном. В частности, при разогреве со скоростью 30 °С/ч

Рис. 1. Зависимость КПД стенда от скорости разогрева при емкости ковша 90 т (Δ), 350 т (□) и 480 т (○)

Рис. 2. Зависимости количества тепла, аккумулированного футеровкой (——), и потерь тепла с дымом (– – –) от скорости разогрева футеровки для ковшей емкостью 90 т (*а*), 350 т (*б*) и 480 т (*в*)

Рис. 3. Температурный режим разогрева ковша:
1 – 4 – температуры греющей среды ($t_{ср}$), поверхности рабочего слоя, на стыке рабочего и арматурного слоев ($t_{р-а}$) и кожуха ($t_{кож}$) соответственно; *5* – расход *P* природного газа, м^3/ч; *6* – Q, м^3

Рис. 4. Динамика расхода тепла:
1 – коэффициент полезного действия; *2* – тепло, аккумулированное футеровкой; *3* – потери тепла с уходящими продуктами сгорания; *4* – неучтенные потери; *5* – потери тепла излучением через технологиче-ские отверстия и зазоры; *6* – потери тепла теплопроводностью через кладку

в течении 40 ч температура среды не превышает 1240 °С, а при скорости 200 °С/ч и времени всего 6 ч для достижения необходимой температуры поверхности футеровки необходимо иметь в конце разогрева температуру среды 1397 °С. Увеличение скорости разогрева приводит к ухудшению прогрева кладки и к меньшим значениям температур кожуха, а соответственно, к потерям тепла теплопроводностью в окружающую среду. Увеличение температуры греющей среды приводит к монотонному росту потерь тепла с уходящим дымом (рис. 2). Таким образом, увеличение количества аккумулированного кладкой тепла сопровождается ростом потерь тепла через футеровку. Соответственно, взаимное влияние этих статей теплового баланса предопределяет установленный характер влияния скорости разогрева на КПД стенда.

Рассмотренные параметры разогрева исследованы теоретически. На практике имеется целый ряд ограничений (в таблице возможные значения параметров выделены жирным шрифтом). Например, по условиям отсутствия трещинообразования скорость разогрева алюмопериклазоуглеродистых огнеупоров не должна превышать 60 – 100 °С/ч; при первом разогреве футеровки температура на стыке рабочего и арматурного слоев должна составлять не менее 800 °С, температура кожуха не менее 100 °С и не более 400 °С; расходы топлива горелочных устройств стендов обычно не превышают 500 м^3/ч [6].

На рис. 3 представлен температурный режим разогрева футеровки ковша емкостью 350 т с постоянной скоростью 50 °С/ч.

На рис. 4 и 5 представлена динамика расхода тепла при реализации температурного режима, представленного на рис. 3.

Анализ полученных результатов (рис. 3 – 5) показывает, что коэффициент полезного действия стенда в процессе разогрева фактически монотонно снижается с 72 до 46 %. Основное влияние на КПД оказывают две расходные статьи: тепло, аккумулированное кладкой, и потери тепла с уходящими продуктами сгорания. В начале разогрева футеровка интенсивно аккумулирует тепло, температура уходящих продуктов сгорания и их расход относительно невелики. С увеличением времени разогрева рост температуры греющей среды и температуры футеровки сопровождается опережающим увеличением потерь тепла с уходящими продуктами сгорания. При этом тепловая волна, дошедшая до кожуха, приводит к росту тепловых потерь в окружающую среду теплопроводностью. С ростом температуры греющей среды возрастают потери через технологические отверстия и зазоры. Все эти факторы приводят к снижению КПД стенда и к росту расхода

Рис. 5. Изменение количества тепла, аккумулированного футеровкой и кожухом ковша:
1, 2, 4 – тепло, аккумулированное рабочим, арматурным и теплоизоляционным слоем футеровки соответственно; *3* – тепло, аккумулиру-емое кожухом ковша

топлива. В частности, расход топлива в процессе разогрева в течение 24 ч увеличивается почти в 5,5 раз: с 86 до 470 $м^3$/ч.

Выводы. Температурные режимы разогрева футеровки ковшей влияют на тепловую эффективность работы стендов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строганов К.В., Попов С.К., Абакин Д.А. Энергосбережение при сушке и нагреве футеровки сталеразливочных ковшей // Промышленная теплоэнергетика. 2014. № 1. С. 7 – 10.
2. Краснянский М.В., Кац Я.Л. Совершенствование теплового режима эксплуатации сталеразливочных ковшей // Электрометаллургия. 2016. № 4. С. 2 – 10.
3. Чайкин Б.С., Марьянчик Г.Е., Панов Е.М. и др. Современные установки для сушки и высокотемпературного нагрева ковшей // Новые огнеупоры. 2006. № 10. С. 21 – 25.
4. Лоренц В., Локтев А., Гартен В., Бехманн Д. Современные пути решения технологических и технических проблем сушки, разогрева и термостатирования металлургических ковшей // Сталь. 2007. № 11. С. 74 – 77.
5. Лоренц В., Локтев А., Гартен В., Бехманн Д. Фирма «Mareko» на мировом рынке оборудования для сушки, разогрева и термостатирования металлургических ковшей и желобов доменных печей // Новые огнеупоры. 2007. № 12. С. 19 – 27.
6. Запольская Е.М., Темлянцев М.В., Костюченко К.Е. Анализ основных направлений повышения энерготехнологической эффективности стендов высокотемпературного разогрева футеровок сталеразливочных ковшей // Вестник РАЕН. Западно-Сибирское отделение. 2013. № 15. С. 128 – 134.
7. Запольская Е.М., Темлянцев М.В., Костюченко К.Е., Матвеев М.В. Исследование эффективности использования кислорода при отоплении стендов высокотемпературного разогрева футеровок сталеразливочных ковшей // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 6. С. 3 – 7.
8. Темлянцев М.В., Запольская Е.М., Стерлигов В.В., Темлянцева Е.Н., Дегтярь В.А. Повышение энерготехнологической эффективности стендов высокотемпературного разогрева футеровок металлургических ковшей // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. 2014. № 33. С. 38 – 44.
9. Матвеев М.В., Темлянцев М.В. Исследование обезуглероживания периклазоуглеродистых огнеупоров при разогреве футеровок сталеразливочных ковшей перед приемом расплава // Изв. вуз. Черная металлургия. 2010. № 10. С. 38 – 40.
10. Матвеев М.В., Темлянцев М.В. Обезуглероживание периклазоуглеродистых огнеупоров при тепловой обработке футеровок сталеразливочных ковшей // Металлург. 2010. № 8. С. 60 – 62.
11. Темлянцев М.В., Матвеев М.В., Костюченко К.Е. и др. Исследование кинетики выгорания углерода в периклазоуглеродистых ковшевых огнеупорах // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. 2011. Вып. 27. С. 85 – 90.
12. Темлянцев М.В., Матвеев М.В., Темлянцева Е.Н. Исследование влияния различных факторов на обезуглероживание периклазоуглеродистых ковшовых огнеупоров // Изв. вуз. Черная металлургия. 2011. № 10. С. 32 – 36.
13. Protopopov E.V., Temlyantsev M.V., Zapolskaya E.M., Maksakova K.E., Degtyar V.A. High-temperature decarburization of alumina-periclase-carbon ladle refractories // Steel in Translation. 2014. Vol. 44. No. 12. С. 879 – 882.
14. Темлянцев М.В., Матвеев М.В., Костюченко К.Е., Лосицкая М.Ю. Анализ особенностей тепловой обработки периклазоуглеродистых и алюмопериклазоуглеродистых футеровок сталеразливочных ковшей // Вестник РАЕН. Западно-Сибирское отделение. 2012. Вып. 14. С. 137 – 142.
15. Запольская Е.М., Феоктистов А.В., Темлянцев М.В., Бухмиров В.В., Бушуев Е.Н. Разработка детерминированной математической модели процессов тепломассообмена при разогреве футеровок сталеразливочных ковшей // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2018. № 1. С. 25 – 33.
16. Матвеев М.В., Темлянцев М.В., Запольская Е.М., Костюченко К.Е. Разработка математической модели тепловой работы стендов разогрева футеровок сталеразливочных ковшей // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. 2013. № 31. С. 31 – 44.
17. Запольская Е.М., Темлянцев М.В., Костюченко К.Е. Влияние геометрических размеров и емкости сталеразливочных ковшей на тепловую эффективность стендов высокотемпературного разогрева // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2013. № 2 (4). С. 28 – 32.

© 2019 г. *Е.М. Запольская, М.В. Темлянцев, А.В. Григорьев*

Поступила 18 мая 2019 г.

УДК 622.15.00.57.002.61

Н.Ф. Якушевич, М.В. Темлянцев, В.В. Павлов, А.А. Абина, О.В. Кузнецова

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БАРИЙ-СТРОНЦИЕВЫХ КАРБОНАТНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИГАТУР-МОДИФИКАТОРОВ

В настоящее время для улучшения эксплуатационных характеристик стали и чугуна достаточно широко применяются кремнистые сплавы – лигатуры, содержащие в качестве элементов-модификаторов барий и стронций, которые вводятся в шихтовые смеси в виде баритовых концентратов или руд (80 – 95 % $BaSO_4$) и целестиновых концентратов (более 85 % $SrSO_4$) [1].

Использование сульфатных руд и концентратов для получения лигатур связано с повышением содержания серы в лигатуре (до 0,16 – 0,39 %), в шлаках (до 5 %) и в газовой фазе. При выплавке силикобария (содержание примерно 30 % Ba) количество валовых выбросов составляет 682 кг/т сплава. В конденсатах содержится: 61,7 % SiO_2; 12,6 % BaO; 4,3 % CaO; 9,5 % MgO; 2,8 % S; 5,8 % C (по массе). При обработке конденсата водой выделяется сероводород (H_2S), следовательно, сера в конденсате присутствует в основном в виде сульфидов (CaS, BaS). В восстановительной атмосфере в присутствии твердого углерода сульфаты бария и стронция разлагаются с выделением в газовую фазу SO_3 и SO_2, которые при взаимодействии с влагой образуют кислоты. Это значительно сокращает сроки безаварийной работы оборудования, особенно щек и контактных узлов короткой сети. При повышенной концентрации соединений серы в газовой фазе осложняется экологическая обстановка на рабочих площадках, затрудняется работа газоочистных сооружений. Для предотвращения таких отрицательных последствий необходимо использовать сложные многоступенчатые газоочистные сооружения с очисткой газа от конденсата (сухая очистка), от серы (мокрая очистка щелочными растворами) и от выделяющегося при этом сероводорода, а также предусматривать переработку конденсата (~ 70 % SiO_2) с очисткой от ядовитых примесей (BaO, BaS).

Перспективным источником сырья для получения лигатур, содержащих барий и стронций, являются барий-стронциевые карбонатные руды уникального месторождения, расположенного на северо-востоке Иркутской области. Предприятие поставляет барий-стронциевые концентраты (БСК), содержащие в соответствии с ТУ 1717-001-75073896 – 2005: 13,0 – 18,0 % BaO; 3,5 – 7,5 % SrO; 17,5 – 25,5 % CaO; 19,8 – 29,8 % SiO_2; 0,7 – 1,1 % MgO; 2,5 – 3,5 % K_2O; 1,0 – 2,0 % Na_2O; 2,4 – 9,3 % Fe_2O_3; 0 – 0,4 % MnO; 1,9 – 3,9 % Al_2O_3; 0,7 – 1,1 % TiO_2; 16,0 – 20,0 % CO_2; 0,15, 0,25, 0,5 % P_2O_5 (по группам); 0,1, 0,15, 0,20 % S (по группам).

Концентрат представляет собой плотный кусковой материал типа известняка фракций 60 – 40, 40 – 20 и 20 – 10 мм. Истинная плотность БСК 3,7 г/см^3. Визуально кусковой материал – смесь двух, вкрапленных друг в друга, материалов: светлый – карбонаты кальция, бария, стронция; темный – смесь сложных оксидов с меньшим количеством карбонатов (рис. 1). При измельчении кускового концентрата до фракции 3,0 мм светлые и темные материалы (фракции) легко разделяются магнитной сепарацией: светлая, практически немагнитная фракция, обогащенная барием и стронцием; темная, магнитная, в которой, как показал рентгенофазовый анализ, в большом количестве присутствуют минералы авгит ($Na_2O{\cdot}3Fe_2O_3{\cdot}SiO_2$) и акмит ($CaO{\cdot}3Fe_2O_3{\cdot}SiO_2$), плавящиеся при низких (1150 – 1200 °С) температурах [5].

Исследованы две партии БСК следующего состава:

Партия	Содержание элемента, % (по массе)										
	SiO_2	BaO	SrO	MgO	K_2O	P_2O_5	Na_2O	MnO	Al_2O_3	Fe_2O_3	CO_2
1	17,24	15,26	5,97	0,77	2,25	0,03	0,52	0,07	2,94	6,16	26,50
2	37,5	7,45	1,88	4,6	1,33	0,74	2,52	0,26	2,31	18,42	7,93

Рис. 1. Образцы барий-стронциевого концентрата

Пробы кусковых концентратов фракций 50 – 100 мм измельчали до фракций 40 – 50, 1 – 3, 1 – 0 и 0,2 – 0 мм, отмагничивали на магнитном сепараторе, далее подвергали химическому рентгенофазовому и термогравиметрическому анализам.

Результаты фракционного и химического анализа измельченных и отмагниченных проб представлены в таблице 1.

По результатам химического анализа видно, что в процессе магнитной сепарации исходные

Таблица 1

Фракционный и химический анализ барий-стронциевых концентратов

	Проба, фракция, мм	Выход фракций, %	Содержание, % (по массе)													
			SiO_2	Fe_2O_3	CaO	Al_2O_3	MgO	P_2O_5	S	MnO	K_2O	Na_2O	TiO_2	SrO	BaO	CO_2
Исходный концентрат 40 – 50		100	26,36	7,39	11,56	3,09	0,77	0,25	0,22	0,13	2,25	1,81	4,0	5,97	13,98	22,00
Немагнитные	БСК–1–Н 0,2 – 0	6,50	17,30	3,41	16,79	3,66	0,31	1,51	0,37	0,09	2,62	0,81	0,73	8,29	18,84	20,00
	БСК–2–Н 1 – 0	46,40	17,73	2,99	17,04	3,96	0,20	1,03	0,34	0,07	2,63	0,78	0,29	8,48	19,58	23,23
	БСК–3–Н* 3 – 1	47,10	18,27	4,72	16,46	3,88	0,25	0,82	0,29	0,10	2,88	0,80	0,31	8,84	18,01	15,12
Магнитные	БСК–4–М 0,2 – 0	4,76	30,33	13,64	13,77	3,29	1,87	1,10	0,32	0,29	2,06	3,25	0,35	4,14	10,75	13,80
	БСК–5–М 3 – 1	18,37	35,94	23,11	11,24	2,04	3,38	0,53	0,24	0,44	1,22	5,40	0,74	1,11	3,67	13,45
	БСК–6–М* 1 – 0	28,57	32,42	21,14	13,33	2,35	2,73	0,78	0,29	0,41	1,46	4,51	0,60	2,41	6,30	7,66
	БСК–7–М 1 – 0	48,30	27,48	16,08	14,01	2,93	1,60	0,94	0,33	0,30	2,1	2,93	0,43	4,20	10,66	19,91

Примечание: * – фракции после магнитной сепарации дополнительно отмагничены вручную.

Таблица 2

Результаты термогравиметрического анализа немагнитной (НМ) и магнитной (М) фракций барий-стронциевого карбонатного концентрата

Процесс	Превращение	Температура процесса, °С			Тепловой эффект (+) экзотермический и (–) эндотермический	Изменение массы, %
		$t_{нач}$	t_{max}	$t_{кон}$		
1 НМ	Дегидратация	20	110	150	–	0,1
1 М		20	100	140	–	0,1
2 НМ	Образование силикатов	130	700	800	+	0
2 М		140	700	800	+	0
3 НМ	Диссоциация карбонатов ($MgCO_3$)	700	800	900	–	–8,0
3 М		650	750	900	–	–1,1
4 НМ	Диссоциация карбонатов ($CaCO_3$)	800	990	1060	–	–4,0
4 М		700	770	960	–	–4,0
5 НМ	Образование силикатов	800	990	1060	+	0
5 М		800	1070	1140	+	0
6 НМ	Плавление эвтектик	1300		1400	–	0
6 М		950		1150	–	0
7 НМ	Диссоциация карбонатов ($BaCO_3$, $SrCO_3$)	1000	1150	1200	–	–8,8
7 М		1100	1200	1300	–	–8,5
НМ	Всего	20		1400		20,8
М		20		1400		13,6

концентраты магнитной и немагнитной фракций разделяются примерно в равных массовых соотношениях, при этом в немагнитных фракциях по сравнению с магнитными содержание оксидов BaO и SrO, а также K_2O и CO_2 увеличивается примерно в 1,5 – 2,0 раза (оксида BaO – с 5 – 10 до 18,0 – 19,5 %; оксида SrO ~ с 1 – 4 до 6 – 9 %; K_2O ~ с 1,2 – 2,1 до 2,6 – 2,9 %; CO_2 с 15 до 23 %), а содержания SiO_2 и Fe_2O_3 уменьшаются (примерно с 27,5 – 36 до 17,3 – 18,3 % и с 16 – 23 до 3 – 7 % соответственно).

Таким образом, методом магнитной сепарации исходные концентраты БСК, содержащие в соответствии с ТУ 13 – 18 % BaO и 3,5 – 7,5 % SrO, могут быть обогащены с получением товарного продукта (с содержанием 28 % BaO, 8 – 10 % SrO, 2,7 % K_2O, 22 % CO_2) и попутного продукта с пониженным содержанием BaO и SrO (4 – 10 и 1 – 4 % и повышенным содержанием SiO_2 и Fe_2O_3 до 36 и 23 % соответственно).

Содержание полезных оксидов (BaO, SrO и др.) может быть дополнительно повышено при обжиге концентратов за счет разложения карбонатов ($CaCO_3$, $BaCO_3$, $SrCO_3$).

Результаты термогравиметрического анализа немагнитной и магнитной фракций барий-стронциевого карбонатного концентрата представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Явно выраженные эндотермические эффекты диссоциации карбонатов (*3*, *4*, *7*) поглощаются экзотермическими эффектами образования силикатов (*2*), в основном из образовавшихся в процессе разложения карбонатов основных оксидов (CaO, Na_2O, SrO) и SiO_2, в результате суммарные дериватограммы имеют сложный вид (кривые НМ и М).

Термогравиметрический анализ показал, что при нагревании до 1000 и 1500 °С в окислительной атмосфере (воздух) измельченного немагнитного образца (НМ) (< 100 мкм) со скоростью 10 °/мин потери массы образца составляют 5,3 и 20 %, что соответствует 100 % улета CO_2; при нагревании магнитного (М) образца потери массы составляют 9 и 13,5 % соответственно. При температурах выше 1000 ºС наблюдается плавление легкоплавких эвтектик с образованием авгита и акмита, что сопровождается «кипением» с выделением пузырьков CO_2 (рис. 2, табл. 2).

Магнитные фракции, содержащие достаточно большое количество оксидов BaO, SrO, Na_2O, K_2O, Fe_2O_3, можно использовать при изготовлении стекол, керамики, утяжелителей растворов в нефтеперерабатывающей промышленности, добавок в сварочные флюсы или покрытия электродов и др.

Выводы. Показана возможность и целесообразность использования барий-стронциевых концентратов для получения лигатур на основе кремнистых сплавов, используемых для модифицирования стали и чугуна. Изучена возможность обогащения барий-стронциевых концентратов методом магнитной сепарации с получением немагнитных товарных фракций, содержащих до 28 % BaO и до 10 % SrO, обедненных оксидами железа и кремния (уменьшение концентраций Fe_2O_3 с 16 – 23 до 3 – 7 %, SiO_2 с 27 – 36 до 17 – 18 % (по массе)), и магнитных фракций, обедненных оксидами бария и стронция (примерно 4 – 10 % BaO, 1 – 4 % SrO), обога-

Рис. 2. Результаты термогравиметрического анализа магнитной (– – –) и немагнитной (——) фракций барий-стронциевого концентрата

щенных оксидами железа (до 23 % Fe_2O_3) и кремния (до 36 % SiO_2). Методом термогравиметрического анализа изучено поведение немагнитных и магнитных фракций БСК. Показано, что диссоциация карбонатов бария протекает в интервале температур 1000 – 1200 °С, диссоциация карбоната стронция – при температурах 1200 – 1400 °С. В интервале температур 1100 – 1200 °С образуются легкоплавкие авгито-акмитовые эвтектики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожевников Г.Н., Зайко В.П., Рысс М.А. Электротермия лигатур щелочно-земельных металлов с кремнием. – М.: Наука, 1978. – 224 с.
2. Рябчиков И.В. Модификаторы и технологии внепечной обработки железоуглеродистых сплавов. – М.: Экомет, 2008. – 400 с.
3. Рябчиков И.В., Мизин В.Г., Андреев В.В. Кремнистые ферросплавы и модификаторы нового поколения. Производство и применение. – Челябинск: Изд-во Челябинского государственного университета, 2015. – 295 с.
4. Минералы. Справочник. Диаграммы фазовых равновесий. Вып. 2. Фазовые равновесия, важные для технического минералообразования. – М.: Наука, 1974. – 490 с.
5. Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розинова Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. – Ленинград: Недра, Ленингр. отд-ние, 1974. – 399 с.

© 2019 г. *Н.Ф. Якушевич, М.В. Темлянцев, В.В. Павлов, А.А. Абина, О.В. Кузнецова*
Поступила 18 мая 2019 г.

УДК 669.184

А.А. Уманский, Я.В. Денисов

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА СЛИТКОВ КОНВЕРТЕРНОЙ СТАЛИ НА КАЧЕСТВО ИХ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ

Процесс производства и обработки стали является многостадийным, что предопределяет сложный и неоднозначный характер влияния отдельных технологических параметров на показатели качества стальных слитков [1, 2]. Указанный факт обуславливает необходимость комплексного подхода к анализу процессов формирования качества стальных слитков с применением современных методов статистической обработки данных [3, 4].

С целью определения закономерностей влияния параметров выплавки, внепечной обработки и разливки конвертерной стали на величину отбраковки слитков в условиях АО «ЕВРАЗ – Западно-Сибирский металлургический комбинат» («ЕВРАЗ ЗСМК») проведены статистические исследования с использованием методики множественного регрессионного анализа. В качестве параметра оптимизации использовали величину дополнительной обрези слитков по внутренним дефектам.

Базой для проведения анализа явились 200 плавок стали марки 3пс текущего производства ксилородно-конвертерных цехов № 1 и № 2 (ККЦ-1 и ККЦ-2 соответственно).

В результате установлено значимое влияние следующих параметров на количество брака по внутренним дефектам слитков: температура разливки стали (в интервале 1533 – 1550 и 1536 – 1557 °С для плавок ККЦ-1 и ККЦ-2); продолжительность разливки плавки (в интервале 18 – 45 и 17 – 45 мин для плавок ККЦ-1 и ККЦ-2); длительность «искрения» (газовыделения) слитков при разливке (в интервале 6 – 60 и 4 – 38 с для плавок ККЦ-1 и ККЦ-2).

Уравнения регрессии в натуральном масштабе для плавок ККЦ-1 и ККЦ-2 со значащими коэффициентами имеют вид:

$$Д_в = 73{,}425 - 0{,}047 t_{разл} + 0{,}037 T_{разл} - 0{,}021 T_{искр};$$

$$Д_в = 54{,}232 - 0{,}035 t_{разл} + 0{,}043 T_{разл} - 0{,}019 T_{искр},$$

где $Д_в$ – количество дополнительной обрези слитков по внутренним дефектам, т/плавка; $t_{разл}$ – температура разливки стали, °С; $T_{разл}$ – продолжительность разливки плавки, мин; $T_{искр}$ – длительность «искрения» (газовыделения) слитков при разливке, с.

Из полученных уравнений регрессии следует, что повышение температуры разливки слитков и продолжительности «искрения» (газовыделения) слитков в рассматриваемых интервалах изменения этих параметров снижают количество дополнительной обрези слитков по внутренним дефектам, а увеличение продолжительности разливки плавки способствуют увеличению дополнительной обрези со слитков.

Механизм влияния температуры разливки на количество дополнительной обрези слитков заключается в следующем: при пониженной температуре разливки повышается вязкость стали, в результате затрудняется процесс всплывания неметаллических включений и последующего их удаления при технологической обрези головной части слитка. В соответствии с известными закономерностями затвердевания стали неметаллические включения концентрируются в образующихся внутренних несплошностях слитка, которые в слитках полуспокойной стали расположены до уровня 35 – 45 % высоты слитка. Как правило, неметаллические включения представляют собой сложные оксиды с низкой температурой плавления и при температурах прокатки слитков находятся в жидкой фазе. В результате при технологической обрези слитков после прокатки на блюминге обнаруживается так называемый «жидкий шлак», представляющий собой скопление неметаллических включений в расплавленном состоянии. В ряде случаев неметаллические включения находятся в твердой фазе: тогда причина дополнительной обрези фиксируется как расслой или рыхлость. При отсутствии значительных скоплений неметаллических включений расслой и рыхлость в процессе прокатки на блюминге полностью завариваются и необходимость дополнительной обрези не возникает. Механизм влияния продолжительности разливки на количество дополнительной обрези аналогичен влиянию вышерассмотренного параметра с той разницей, что длительность разливки определяет не начальную, а конечную температуру разливки стали (то есть температуру разливки последних слитков).

Результаты металлографических исследований проб стали 3пс на выпуске из конвертера

Образец	Загрязненность неметаллическими включениями по видам, максимальный балл			
	Силикаты недеформирующиеся	Силикаты пластичные	Оксиды точечные	Оксиды строчечные
1	3а, 3б	-	2а	-
2	3а	-	2а	-
3	5а	-	3а	-
4	2б	3а	4а	-
5	3б	-	4а	4а
6	3б	-	4а	-
7	2б	-	2а	-
8	3а	-	1а	-
9	1а; 1б	-	2а	-
10	2б	-	2а	-
11	4а; 4б	-	1а	-
12	2б	1а	1а	-

Влияние длительности «искрения» (газовыделения) при разливке слитков полуспокойной стали на количество дополнительной обрези объясняется тем фактом, что этот параметр служит показателем оптимальной степени раскисленности стали. В свою очередь от степени раскисленности полуспокойной стали напрямую зависит расположение усадочных пустот в слитке. При нормальной раскисленности, когда интенсивность газовыделения достаточна, над усадочной раковиной формируется «мост» пузыристого металла толщиной, достаточной для надежной изоляции раковины от атмосферы, благодаря чему последняя заваривается при прокатке. В случае перераскисления, показателем которого служит незначительная длительность «искрения» металла в изложнице, в слитках наблюдаются незначительная толщина «моста» и недостаточно изолированная усадочная раковина, что ведет к появлению дополнительной обрези.

С целью определения вида и количественного состава неметаллических включений в стали на выпуске из конвертера и в деформированных слитках проведены металлографические исследования. Для проведения исследований использовали оборудование Центра коллективного пользования «Материаловедение» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», в частности металлографический микроскоп OLIMPUS GX-51, оснащенный цифровой металлографической камерой и предназначенный для получения в отраженном свете светлопольных изображений микроструктуры, а также изображений в поляризованном свете и рентгенофлюоресцентный волнодисперсионный спектрометр Shimadzu XRF-1800. Отбор проб жидкого металла для проведения исследований проводили после окончания продувки с использованием одноразовых погружных пробоотборников. Анализ неметаллических включений в пробах проводили по стандартной методике полуколичественного анализа по ГОСТ 1778 – 70 (увеличение 100 крат.). Сущность указанной методики заключается в сравнении наблюдаемых в нетравленом микрошлифе включений со стандартными эталонными пятибалльными шкалами. При этом шкалы охватывают неметаллические включения нескольких видов, наиболее часто встречающихся в стали (оксиды строчечные, оксиды точечные, силикаты хрупкие, силикаты пластичные, силикаты недеформирующиеся, сульфиды, нитриды и карбонитриды строчечные, нитриды и карбонитриды точечные, нитриды алюминия). Применяемые для оценки шкалы являются пятибалльными. При этом наименее загрязненный металл оценивается баллом 1, а наиболее загрязненный – баллом 5. В основу первого балла положена определенная площадь, занимаемая включениями и возрастающая при переходе к последующим баллам в геометрической прогрессии с множителем 2.

По полученным в результате металлографического анализа данным наиболее распространенными видами неметаллических включений в стали марки 3пс являются силикаты недеформирующиеся и оксиды точечные: указанные виды неметаллических включений зафиксированы во всех анализируемых пробах (см. таблицу).

При этом загрязненность включениями существенно отличается от балла 1а (единичные включения минимально фиксируемого размера) до баллов 4б (множественные крупные включения) и 5а (наиболее крупные единичные включения) (рис. 1).

Силикаты пластичные в виде единичных включений присутствуют только в двух пробах, оксид строчечный выявлен только в одной пробе. С целью анализа влияния химического состава стали на загрязненность неметаллическими включениями проведены дополнительные исследования. По полученным данным повышение со-

Рис. 1. Неметаллические включения в конвертерной стали:
а – силикаты недеформирующиеся и оксиды точечные, балл 1а; *б* – силикаты недеформирующиеся, балл 5а, и оксиды точечные, балл 2а

держания углерода на выпуске от 0,04 до 0,09 % и марганца от 0,07 до 0,15 % обуславливает значимое снижение загрязненности неметаллическими включениями (рис. 2). Влияние углерода на содержание и активность кислорода в конвертерной стали очевидно и не требует пояснений, а влияние марганца обусловлено замедлением процесса кипения в конце продувки при низком (менее 0,08 – 0,10 %) содержании углерода, что подтверждается данными работ [5 – 7].

Повышение концентрации марганца в стали в конце продувки приводит к снижению содержания кислорода, что объясняется обратной зависимостью между активностью закиси железа в шлаке и содержанием марганца в металле [8 – 11].

Таким образом, можно констатировать, что повышение содержания углерода и марганца в стали на выпуске из конвертера способствует снижению загрязненности стали неметаллическими включениями в виде силикатов недеформирующихся и оксидов точечных.

Проведенными исследованиями образцов подтверждено наличие значительного количества неметаллических включений в заготовках стали марки 3пс, прокатанных из разлитых в изложницы слитков (рис. 3): силикаты недеформирующиеся (балл до 3а); оксиды точечные (балл до 2а); силикаты пластичные (балл до 2а). Также обнаружено незначительное количество сульфидов (балл 1а).

Выводы. По результатам проведенных в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК» исследований установлено значимое влияние на количество дополнительной обрези слитков стали марки 3пс параметров их разливки. Так, повышение температуры разливки слитков и продолжительности «искрения» (газовыделения) слитков снижают количество дополнительной обрези слитков по внутренним дефектам, а увеличение продолжительности разливки плавки способствует увеличению количества дополнительной обрези со слитков. По полученным в результате металлографического анализа данным наиболее распространенными видами неметаллических включений в стали марки 3пс на выпуске из конвертера и в деформированных слитках являются силикаты недеформирующиеся и оксиды точечные.

Рис. 2. Влияние содержания углерода (*а*) и марганца (*б*) в стали на выпуске из конвертера на загрязненность неметаллическими включениями:
◊ – силикаты недеформирующиеся; □ – оксиды точечные;
—— – линейный (силикаты недеформирующиеся); – – – – линейный (оксиды точечные)

Рис. 3. Микроструктура слитков стали марки 3пс после деформации:
1 – силикаты недеформирующиеся; *2* – оксиды точечные; *3* – силикаты пластичные; *4* – сульфиды

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уманский А.А. Исследование процессов формирования качества металлопродукции ответственного назначения на переделе сталь-прокат // Фундаментальные исследования. 2014. № 8-2. С. 335 – 339.
2. Кадыков В.Н., Уманский А.А. Применение статистических моделей для оптимизации технологии производства заготовок из слитков // Изв. вуз. Черная металлургия. 2008. № 6. С. 20 – 22.
3. Кадыков В.Н., Уманский А.А., Протопопов Е.В.Формирование качества стальных заготовок. – Новокузнецк: изд. Сибирского государственного индустриального университета, 2012. – 220 с.
4. Кузнецов И.С., Прахов А.Е., Уманский А.А., Рубцов Ю.Т. Влияние технологических факторов на качество поверхности заготовок конструкционных сталей // Сталь. 2008. № 4. С. 43 – 46.
5. Казачков Е.А., Климанчук В.В. Окисленность конвертерной ванны в конце плавки низкоуглеродистой стали // Вестник Приазовского государственного технического университета. 2008. Вып. 18. С. 41 – 43.
6. Назюта Л.Ю., Денисенко В.С. Анализ окисленности конечного металла при выплавке стали в большегрузных конвертерах // Вестник Приазовского государственного технического университета. 2011. Вып. 22. С. 68 – 76.
7. Гальперин Г.С., Бученков А.К., Александров А.И., Болотников В.В. Исследование окисленности стали в 350-т конвертерах // Сталь. 1996. № 1. С. 28 – 29.
8. Баптизманский В.И. Теория кислородно-конвертерного процесса. – М.: Металлургия, 1975. – 376 с.
9. Баптизманский В.И., Охотский В.Б. Физико-химические основы кислородно-конвертерного процесса. – Киев; Донецк: Вища школа, 1981. – 184 с.
10. Бойченко Б.М., Охотский В.Б., Харлашин П.С. Конвертерное производство стали: теория, технология, качество стали, конструкции агрегатов, рециркуляция материалов и экология: учебник. – Днепропетровск: Днепр-ВАЛ, 2006. – 454 с.
11. Шишкин Ю.И., Торговец А.К., Григорова О.А. Теория и технология конвертерных процессов. – Алматы: Ғылым, 2013. – 192 с.

© 2019 г. *А.А. Уманский, Я.В. Денисов*
Поступила 27 апреля 2019 г.

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

УДК 622.822

Ю.И. Чижик

Сибирский государственный индустриальный университет

КОМПЛЕКСНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В настоящее время развитие угольной промышленности России в значительной мере зависит от эффективности решения задач, обеспечивающих безопасные и комфортные условия труда. К таким задачам относятся предотвращение геодинамических явлений, интенсификация дегазации угленосной толщи, снижение запыленности воздуха, совершенствование схем и способов проветривания горных выработок, прогноз и предупреждение горных пожаров, обеспечение санитарно-гигиенических условий труда. Эффективность решения этих задач существенно зависит от уровня знаний закономерностей взаимодействия геомеханических, газодинамических и термодинамических процессов. Первые два вида процессов достаточно подробно изучены и по результатам исследований разработаны нормативные документы. Однако природа термодинамических процессов в горном массиве и их роль при возникновении эндогенных пожаров, влияние на характер распределения температуры вентиляционных потоков при отработке склонных и весьма склонных к самовозгоранию угольных пластов изучена не полностью. В связи с этим изучение закономерностей теплопереноса в шахтной атмосфере и углепородном массиве в нормальных условиях и при наличии очага пожара для обеспечения безопасных и комфортных условий труда в угольных шахтах является актуальной научной задачей.

Для изучения влияния различных факторов на тепловой режим и прогноза температуры в проектируемых выработках шахт разработана математическая модель теплопереноса в шахтной атмосфере, которая включает алгоритм и программное обеспечение [1]. Модель основана на уравнениях теплового баланса горных выработок, разработанных ИТТФ АН Украины. Модель успешно используется длительное время при тепловых расчетах горных выработок. Программа расчета температуры шахтной атмосферы составлена на языке Турбо-Паскаль и реализована на персональном компьютере. Укрупненная блок-схема программы приведена на рисунке.

В блоке *1* проводится ввод теплофизических констант для данной местности. В блоке *2* описываются параметры выработки, начальные условия для воздуха на входе в нее и свойства пород этой выработки. Дальше следуют вычисления коэффициентов, необходимых для определения температуры воздуха (блок *3*). В блоке *4* проверяется следующие условие: выработка магистральная или подготовительная, так как они имеют существенные отличия в алгоритме определения параметров воздуха, влияющих на тепловой режим. Если выработка магистральная, то вычисляется температура воздуха в блоке *5*, а если нет, то проверяется условие в следующем блоке *6*, где определяется выработка это или забой и вычисляется температура в конце выработки в блоке *7*, а для забоя – в блоке *8*. После этого в цикле вычисляются параметры воздуха в следующей выработке. В блоке *9* проверяется условие: закончить программу или нет.

Для описания процессов теплопереноса в углепородном массиве в окрестности горных выработок при наличии источников тепла используем математическую модель, разработанную профессором В.Н. Фряновым, для расчета геомеханических процессов, добавив в нее дифференциальное уравнение теплопроводности в условиях неоднородного массива, имеющего начальное распределение температур и охлаждаемом (нагреваемом) через внутреннюю поверхность воздушной струей. Температура стенки выработки постоянна и равна температуре воздуха. Таким образом, рассмотрена двумерная задача распределения температур вокруг выработки прямоугольного сечения в зависимости от времени ее эксплуатации и приняты граничные условия первого рода. Преимуществом метода конечных элементов является возможность моделирования неоднородности и анизотропии свойств горного массива путем задания разных теплофизических характеристик группам элементов.

Ввод данных происходит в два приема. Сначала устанавливают условия для элементов (теплофизические свойства, глубина залегания и

Блок-схема программы расчета температуры шахтной атмосферы

т.п.), затем вводится температура воздуха на земной поверхности и в выработке, время эксплуатации и координаты выработки, т.е. задаются начальные и граничные условия. В результате решения определяется температура горного массива на различном расстоянии от выработки в зависимости от времени. Такая программа может быть использована для расчета и прогноза теплового поля массива в окрестности выработки. Программа реализована на языке FORTRAN и использована для проведения ряда исследований с целью создания комфортных климатических условий в выработках шахт и повышения безопасности горных работ.

Рудничные пожары принадлежат к наиболее распространенным авариям в горной промышленности, борьба с ними представляет большие трудности, которые не всегда удается преодолеть без человеческих жертв и значительных капитальных затрат. Поэтому проблема прогно-

за, динамики и профилактики рудничных пожаров является актуальной для угольной отрасли. В случае возникновения пожара необходимо знать температуру в источнике и динамику распределения ее по выработкам с целью прогноза возможности использования этих выработок для работ и эвакуации людей.

Для расчета на модели выбирают сеть выработок. Все параметры вводятся в диалоговом режиме. В определенном месте на эту схему накладывают модель пожара в виде увеличения температуры воздуха в источнике и определяют распределение температур в последующих выработках. При необходимости можно выявить влияние отдельных факторов на температуру воздуха. Следовательно, разработанная модель позволяет в оперативном режиме прогнозировать температуру воздуха при пожаре в шахте в зависимости от положения источника и его температуры.

С помощью описанной модели установлены следующие закономерности. В начальный период эксплуатации выработки наиболее интенсивно происходит передача тепла песчаником, а аргиллиты являются тепловым экраном; при длительной эксплуатации выработки распределение температуры пород меньше зависит от их геолого-петрографических признаков; температурное поле от эндогенного пожара распространяется по углю на расстояние в два раза меньшее по сравнению с песчаником и алевролитом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чижик Ю.И. Численный эксперимент по выявлению закономерностей распространения тепловых потоков в атмосфере угольных шахт // Изв. вуз. Горный журнал. 2016. № 2. С. 125 – 128.
2. Чижик Ю.И. Закономерности распределения температуры в горном массиве угольных шахт // Изв. вуз. Горный журнал. 2016. № 8. С. 80 – 84.

© 2019 г. *Ю.И. Чижик*
Поступила 14 мая 2019 г.

УДК 531.8

Л.Т. Дворников, А.В. Макаров, Д.С. Комилов

Сибирский государственный индустриальный университет

КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ С ДВУМЯ ПОДВИЖНЫМИ ЩЕКАМИ

В 1999 году Роспатентом был выдан патент на изобретение «Щековая дробилка» [1], в которой подвижная щека, два шатуна подвижной щеки и ведущее коромысло образуют замкнутый четырехзвенный изменяемый контур. В настоящей работе предлагается внести в дробилку существенное изменение: обеспечить дробление двумя щеками. Схема такой дробилки показана на рис. 1. Дробилка состоит из приводного кривошипа *1* (AO_1), приводного шатуна *2* (AB), ведущего коромысла *3* ($BCDO_2$), верхнего шатуна *4* (CE), нижнего шатуна *5* (DH), двух подвижных щек *6* (EG) и *7* (GO_3). Особенностью является наличие двух подвижных щек с простым и сложным движением, которые образуют с двумя шатунами и коромыслом пятизвенный изменяемый контур.

Работает щековая дробильная машина следующим образом: при включении в работу кривошипа *1* движение передается на коромысло *3* и далее через шатуны *4* и *5* на подвижные щеки *6* и *7*.

Подвижность дробилки можно проверить по формуле П.Л. Чебышева [2]

$$W = 3n - 2p_5,$$

где W – подвижность механизма; n – количество подвижных звеньев; p_5 – количество одноподвижных вращательных пар-шарниров.

В рассматриваемой конструкции при $n = 7$ (звенья *1 – 7*) и $p_5 = 10$ (O_1, A, B, C, D, O_2, E, G, H, O_3) подвижность механизма составляет 1.

Движение звеньев механизма при $W = 1$ однозначно задается законом движения кривошипа *1*.

Кинематическое исследование дробильной машины проведено графоаналитическим методом.

При заданной угловой скорости кривошипа ω_2 скорость точки А определяется формулой

$$V_A = \omega_1 l_{AO_1},$$

где l_{AO_1} – длина кривошипа.

Рис. 1. Щековая дробилка с двумя подвижными щеками

По известной скорости V_A точки A легко определить скорость V_B точки B из системы уравнений

$$\begin{cases} \overline{V_B} = \overline{V_A} + \overline{V_{BA}}; & \overline{V_{BA}} \perp BA; \\ \overline{V_B} = \overline{V_{BO_2}}; & \overline{V_{BO_2}} \perp BO_2 \end{cases}$$

и угловые скорости звеньев *2* и *3*

$$\omega_2 = \frac{\overline{V}_{AB}}{l_{AB}}; \ \omega_3 = \frac{\overline{V}_B}{l_{BO_2}}.$$

При известных угловых скоростях ω_2 и ω_3 могут быть найдены линейные скорости точек C и D по формулам

$$\begin{cases} \overline{V_C} = \overline{V_B} + \overline{V_{CB}}; & \overline{V_{CB}} \perp CB; \\ \overline{V_C} = \overline{V_{CO_2}}; & \overline{V_{CO_2}} \perp CO_2; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \overline{V_D} = \overline{V_C} + \overline{V_{DC}}; & \overline{V_{DC}} \perp DC; \\ \overline{V_D} = \overline{V_{DO_2}}; & \overline{V_{DO_2}} \perp DO_2. \end{cases}$$

По известным скоростям $\overline{V_C}$ и $\overline{V_D}$ могут быть найдены скорости шарниров E и H из систем уравнений

$$\begin{cases} \overline{V_H} = \overline{V_D} + \overline{V_{HD}}; & \overline{V_{HD}} \perp HD; \\ \overline{V_H} = \overline{V_{HO_3}}; & \overline{V_{HO_3}} \perp HO_3; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \overline{V_E} = \overline{V_C} + \overline{V_{EC}}; & \overline{V_{EC}} \perp EC; \\ \overline{V_E} = \overline{V_G} + \overline{V_{EG}}; & \overline{V_{EG}} \perp EG \end{cases}$$

и угловые скорости звеньев *4 – 7*

$$\omega_4 = \frac{\overline{V}_{EC}}{l_{EC}}; \quad \omega_5 = \frac{V_{HD}}{l_{HD}}; \quad \omega_6 = \frac{\overline{V}_{EG}}{l_{EG}}; \quad \omega_7 = \frac{V_H}{l_{HO_3}}.$$

По приведенным зависимостям построен общий план скоростей дробильной машины (рис. 2). Масштаб построения плана можно определить из зависимости

$$\mu_V = \frac{V_A}{pa},$$

где V_A – истинная скорость точки *A*; pa – отрезок, отображающий скорость V_A на плане скоростей.

По известным скоростям звеньев могут быть найдены их ускорения.

Ускорение точки *A* при постоянной угловой скорости звена *1* находится из уравнения

$$\overline{a}_A = \overline{a}_A^n = \omega_1^2 l_{OA}; \ \overline{a_A^n} \parallel AO_1.$$

Ускорение точки B можно найти из системы уравнений

Рис. 2. План скоростей дробилки

$$\begin{cases} \overline{a_B} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau}; & \overline{a_{BA}^n} \parallel BA; \ \overline{a_{BA}^\tau} \perp BA; \\ \overline{a_B} = \overline{a_{O_2}} + \overline{a_{BO_2}^n} + \overline{a_{BO_2}^\tau}; & \overline{a_{BO_2}^n} \parallel BO_2; \ \overline{a_{BO_2}^\tau} \perp BO_2, \end{cases}$$

где a^n и a^τ – нормальное и касательное ускорения.

По известным ускорениям a_{BA}^τ и $a_{BO_2}^\tau$ легко можно найти угловые ускорения звеньев *2* и *3*:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^\tau}{l_{BA}}; \ \varepsilon_3 = \frac{a_{BO_2}^\tau}{l_{BO_2}}.$$

При известных ускорениях точки *A* ускорения точек *C* и *D* определяются системами уравнений

$$\begin{cases} \overline{a_C} = \overline{a_B} + \overline{a_{CB}^n} + \overline{a_{CB}^\tau}; & \overline{a_{CB}^n} \parallel CB; \ \overline{a_{CB}^\tau} \perp CB; \\ \overline{a_C} = \overline{a_{O_2}} + \overline{a_{CO_2}^n} + \overline{a_{CO_2}^\tau}; & \overline{a_{CO_2}^n} \parallel CO_2; \ \overline{a_{CO_2}^\tau} \perp CO_2; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \overline{a_D} = \overline{a_C} + \overline{a_{DC}^n} + \overline{a_{DC}^\tau}; & \overline{a_{DC}^n} \parallel DC; \ \overline{a_{DC}^\tau} \perp DC; \\ \overline{a_D} = \overline{a_{O_2}} + \overline{a_{DO_2}^n} + \overline{a_{DO_2}^\tau}; & \overline{a_{DO_2}^n} \parallel DO_2; \ \overline{a_{DO_2}^\tau} \perp DO_2. \end{cases}$$

По приведенным зависимостям можно построить план ускорений звеньев *1 – 3* (рис. 3).

Рис. 3. План ускорений звеньев *1 – 3* дробилки

Рис. 4. План ускорений звеньев *4 – 7* дробилки

Масштаб построения ускорений определяется зависимостью

$$\mu_a = \frac{a_A}{\pi a}.$$

Построение плана ускорений оставшихся звеньев *4 – 7* показано на рис. 4.

Ускорение точки *H* и угловые ускорения звеньев *5* и *7* определяются при решении уравнений

$$\begin{cases} \overline{a_H} = \overline{a_D} + \overline{a^n_{HD}} + \overline{a^\tau_{HD}}; & \overline{a^n_{HD}} \parallel HD; \quad \overline{a^\tau_{HD}} \perp HD; \\ \overline{a_H} = \overline{a_{O_3}} + \overline{a^n_{HO_3}} + \overline{a^\tau_{HO_3}}; & \overline{a^n_{HO_3}} \parallel HO_3; \quad \overline{a^\tau_{HO_3}} \perp HO_3; \end{cases}$$

$$\varepsilon_5 = \frac{a^\tau_{HD}}{l_{HD}};\ \varepsilon_7 = \frac{a^\tau_H}{l_{HO_3}}.$$

Вектор ускорения точки *G* совпадает с направлением вектора ускорения точки *H*, а его модуль находится из соотношения

$$\frac{a_G}{a_H} = \frac{l_{GO_3}}{l_{HO_3}}.$$

Ускорение точки *E* и угловые ускорения звеньев *4* и *6* можно определить при решении уравнений

$$\begin{cases} \overline{a_E} = \overline{a_C} + \overline{a^n_{EC}} + \overline{a^\tau_{EC}}; & \overline{a^n_{EC}} \parallel EC; \quad \overline{a^\tau_{EC}} \perp EC; \\ \overline{a_E} = \overline{a_G} + \overline{a^n_{EG}} + \overline{a^\tau_{EG}}; & \overline{a^n_{EG}} \parallel EG; \quad \overline{a^\tau_{EG}} \perp EG; \end{cases}$$

$$\varepsilon_4 = \frac{a^\tau_{EC}}{l_{EC}};\ \varepsilon_6 = \frac{a^\tau_{EG}}{l_{EG}}.$$

Результат графического нахождения ускорений точек *H*, *G* и *E* представлен на рис. *4*.

Построенные фрагменты плана ускорений дробилки позволяют по найденным векторам и при заданном масштабе построения определить в любом положении механизма ускорения всех точек и звеньев механизма.

Таким образом, дробильная машина с двумя подвижными щеками, образующими с другими подвижными звеньями замкнутый пятиугольный изменяемый контур, имеет полное кинематическое решение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2142850 Российская Федерация, МПК B02C 1/04. Щековая дробилка / Дворников Л.Т., Макаров А.В.; заявитель СибГИУ № 98110302: заявл. 01.06.1998: опубл. 20.12.1999.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1988. – 639 с.

© 2019 г. *Л.Т. Дворников, А.В. Макаров, Д.С. Комилов*

Поступила 16 мая 2019 г.

УДК 538.91:536.24:669.715

И.Н. Ганиев[1], Н.Р. Эсанов[1], А.Х. Хакимов[2], Н.И. Ганиева[2]

[1]Институт химии им. В.И. Никитина Академии наук Республики Таджикистан

[2]Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ СПЛАВА АЖ 2.18 С ЦЕРИЕМ

Алюминиевые сплавы широко применяются в машиностроении в качестве материала для деталей машин и механизмов самых разных назначений – от бытовой техники до летательных аппаратов. Постоянно расширяется область применения алюминия и его сплавов в авиационной технике, транспорте, для передачи электроэнергии на большие расстояния. Особое место занимает замена дорогостоящих и дефицитных материалов кабельной техники на более доступные и дешевые из алюминиевых сплавов. Последние являются проводниковым материалом, способным выдерживать высокие токовые нагрузки. Большим недостатком этих сплавов является недостаточно высокие механические свойства. Поэтому улучшение физико-химических свойств алюминиевых сплавов по-прежнему остается важнейшей задачей повышения сроков эксплуатации металлических материалов [1 – 4].

Некоторая часть первичного алюминия (алюминий-сырец), извлекаемого из электролизеров, содержит значительное количество таких примесей, как железо и кремний, которые переходят непосредственно из сырья (глинозема) и стальной оснастки при работе с расплавом алюминия. Примеси железа в алюминии оказывают существенное влияние на его качество, и с увеличением их количества значительно ухудшается коррозионная стойкость, уменьшаются электропроводность и пластичность, повышается прочность металла. Естественно, что такой металл по содержанию примесей не укладывается в рамки требований ГОСТ 11069 – 2001 на первичный алюминий и, соответственно, не находит потребителя, за исключением того, что используется для раскисления и дегазации стали [5 – 8].

Поэтому разработка специальных сплавов на основе такого металла путем его легирования третьим элементом является актуальной задачей, так как позволяет превратить некондиционный металл в нужный и полезный продукт для техники. Часто для блокировки отрицательного влияния железа алюминий и его сплавы легируют марганцем в количестве 0,5 – 1,0 %. Это обусловлено тем, что в фазе $FeAl_3$ до 1/10 части атомов железа могут замещаться атомами марганца, и в результате образуется новая фаза $(Fe, Mn)Al_3$, кристаллы которой отличаются более компактной формой в отличие от игольчатой структурной фазы $FeAl_3$ [9].

Для изменения формы кристаллов интерметаллида в эвтектике (α-Al + $FeAl_3$), т.е. ее модификации и разработки новых композиций, в качестве модифицирующего элемента был выбран металлический церий как поверхностно активный компонент сплава. Выбор исходного сплава Al + 2,18 % Fe (АЖ 2.18) объясняется тем, что такой состав соответствует эвтектике (α-Al + $FeAl_3$) в системе Al – Fe, которая примыкает к области чистого алюминия в системе и согласно разным источникам плавится при температуре 646 – 655 °С с концентрацией эвтектической точки в пределах 1,7 – 2,3 % Fe (по массе). В работе [10] сообщалось о положительном влиянии добавок иттрия на термодинамические функции сплава АЖ 2.18.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование температурной зависимости удельной теплоемкости сплава АЖ 2.18, модифицированного церием. Содержание церия в сплаве АЖ 2.18 составляет от 0,05 до 2,50 % (по массе).

Материалы и методика исследования

Поскольку монотонное изменение температуры объекта в режиме «нагрева» крайне сложно из-за наличия целой цепочки внешних факторов (напряжение в сети питания печи, теплопроводность окружающей среды и пр.), т.е. из-за многофакторности эксперимента, наиболее удобным и простым с этой точки зрения является режим «охлаждения» образца.

В настоящей работе измерение теплоемкости сплавов проводили на установке, схема которой представлена на рис. 1, включающей следующие узлы: электропечь *3* смонтирована на стойке *6*, по которой она может перемещаться

Рис. 1. Установка для определения теплоемкости твердых тел в режиме «охлаждения»:
1 – автотрансформатор; *2* – терморегулятор; *3* – электропечь; *4* – образец; *5* – эталон; *6* – стопка электропечи; *7* – цифровой термометр измеряемого образца; *8* – цифровой термометр эталона; *9* – цифровой термометр общего назначения; *10* – регистрационный прибор

вверх и вниз (стрелкой показано направление перемещения). Образец *4* и эталон *5* (тоже могут перемещаться) представляют собой цилиндры длиной 30 и диам. 16 мм с высверленными каналами с одного конца, в которые вставлены термопары. Концы термопар подведены к цифровым термометрам «Digital Multimeter DI9208L» *7, 8* и *9*. Электропечь *3* включается через лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) *1* с установкой нужной температуры с помощью терморегулятора *2*. По показаниям цифровых термометров *7, 8* и *9* фиксируется значение начальной температуры. Образец *4* и эталон *5* помещают в электропечь *3* и нагревают до нужной температуры. Температура контролируется по показаниям цифровых термометров «Digital Multimeter DI9208L» на компьютере *10*. Образец и эталон одновременно извлекают из электропечи, и с этого момента фиксируют температуру. Показания термопар цифрового термометра «Digital Multimeter DI9208L» записывают на компьютере через каждые 5, 10, 20 с до охлаждения образца и эталона ниже 35 ºС. Таким образом подбирается такая зависимость, при которой коэффициент корреляции был бы не ниже 0,998.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Влияние церия на удельную теплоемкость сплава АЖ 2.18 изучали в режиме «охлаждения» в интервале температур 300 – 800 К по методикам, описанным в работах [11 – 16]. Для определения теплоемкости строили кривые охлаждения исследуемых образцов. Кривая охлаждения представляет собой зависимость температуры образца от времени при охлаждении в неподвижном воздухе.

Передача тепла от более нагретого тела к менее нагретому – процесс, стремящийся к установлению термодинамического равновесия в системе, состоящей из огромного числа частиц, т.е. это релаксационный процесс, который можно описать во времени экспонентой. В нашем случае нагретое тело передает свое тепло окружающей среде (т.е. телу с бесконечно большой теплоемкостью). Поэтому температуру (T_0) окружающей среды можно считать постоянной. Тогда закон изменения температуры тела от времени τ можно записать в виде $\Delta T = \Delta T_1 e^{-\tau/\tau_1}$ (где ΔT – разность температур нагретого тела и окружающей среды; ΔT_1 – разность температур нагретого тела и окружающей среды при $\tau = 0$; τ_1– постоянная охлаждения, численно равная времени, в течение которого разность температур между нагретым телом и окружающей средой уменьшается в *e* раз).

Полученные в ходе эксперимента кривые зависимости температуры от времени охлаждения образцов из сплава АЖ 2.18 с церием представлены на рис. 2 и описываются уравнением вида

Рис. 2. График зависимости температуры образцов из сплава АЖ 2.18 с церием от времени охлаждения

Рис. 3. Температурная зависимость скорости охлаждения образцов из сплава АЖ 2.18 с церием

$$T = T_0 + \frac{1}{2}\left[(T_1 - T_0)\, e^{-\tau/\tau_1} + (T_2 - T_0)e^{-\tau/\tau_2}\right]. \quad (1)$$

Температурная зависимость скорости охлаждения образцов из сплава АЖ 2.18 с церием представлена на рис. 3. Скорости охлаждения образцов были рассчитаны по приведенному уравнению (для исследованных сплавов в табл. 1 представлены значения коэффициентов ΔT_1, τ_1, ΔT_2 ,τ_2):

$$\frac{dT}{d\tau} = -\frac{1}{2}\left[\frac{(T_1 - T_0)}{\tau_1} e^{-\tau/\tau_1} + \frac{(T_2 - T_0)}{\tau_2} e^{-\tau/\tau_2}\right]. \quad (2)$$

Для определения удельной теплоемкости сплава АЖ 2.18 с церием (табл. 2) использовали следующее уравнение:

$$C^0_{p_2} = \frac{C^0_{p_1} m_1 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{m_2 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}. \quad (3)$$

Графическое представление температурной зависимости удельной теплоемкости сплава АЖ 2.18 с церием показано на рис. 4.

Обрабаткой с применением программы Sigma Plot кривых рис. 4 получили коэффициенты температурной зависимости удельной теплоемкости сплава АЖ 2.18 с церием, которые подчиняются следующему уравнению (значения коэффициентов уравнения представлены в табл. 3):

$$C^0_p = a + bT + cT^2 + dT^3. \quad (4)$$

Также, используя значения удельной теплоемкости сплава АЖ 2.18 с церием, вычислили температурную зависимость коэффициента теплоотдачи сплава АЖ 2.18 по следующему уравнению:

$$\alpha = \frac{C^0_p m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0)S}, \quad (5)$$

где S и m – площадь поверхности и масса образца соответственно.

Таблица 1

Значения коэффициентов ΔT_1, τ_1, ΔT_2, τ_2 уравнения (2) для сплава АЖ 2.18 с церием

Содержание церия в сплаве АЖ 2.18, % (по массе)	$\Delta T = (T_1 - T_0)$, K	τ_1, с	$\Delta T = (T_2 - T_0)$, K	τ_2, с	$\Delta T_1/\tau_1$, K/c	$\Delta T_2/\tau_2$, K/c	ΔT_0, K
Сплав АЖ 2.18 (1)	202,6748	85,4701	426,4349	439,6764	2,3713	0,9699	199,2503
(1) + 0,05	207,1336	85,4701	435,8165	439,6764	2,4235	0,9912	299,8246
(1) + 0,25	211,3898	85,4701	444,7716	439,6764	2,4733	1,0116	300,3726
(1) + 2,50	214,2475	85,4701	450,7844	439,6764	2,5067	1,0253	300,7407
Эталон (Cu марки M00) [17]	169,6379	9,7431	424,8275	516,2356	1,8491	0,8229	222,0934

Таблица 2

Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К), сплава АЖ 2.18 с церием в зависимости от температуры

Содержание церия в сплаве АЖ 2.18, % (по массе)	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К), при *T*, К						Рост $C^0_р$, %
	300	400	500	600	700	800	
Сплав АЖ 2,18 (1)	0,8291	1,1298	1,3000	1,3910	1,4541	1,5407	*85,82*
(1) + 0,05	0,8994	1,2198	1,4042	1,5040	1,5706	1,6557	*84,08*
(1) + 0,25	0,9133	1,2362	1,4248	1,5286	1,5971	1,6797	*83,91*
(1) + 2,50	0,9293	1,2551	1,4473	1,5541	1,6237	1,7040	*83,36*
Эталон (Cu марки М00)*	0,3850	0,3977	0,4080	0,4169	0,4251	0,4336	*12,62*
Рост $C^0_р$, %**	*12,08*	*11,09*	*11,33*	*11,72*	*11,66*	*10,59*	

*Данные теплоемкости меди заимствованы из справочника [17]; ** приведены данные изменения удельной теплоемкости, %.

Рис. 4. Температурная зависимость удельной теплоемкости сплава АЖ 2.18 с церием

Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи для сплава АЖ 2.18, модифицированного церием, представлена на рис. 5 и в табл. 4.

Для расчета температурной зависимости изменения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса сплава АЖ 2.18 с церием были использованы интегралы от полинома теплоемкости по уравнению (4):

$$H^{\circ}(T)-H^{\circ}(T_0)=a(T-T_0)+\frac{b}{2}\left(T^2-T_0^2\right)+$$
$$+\frac{c}{3}\left(T^3-T_0^3\right)+\frac{d}{4}\left(T^4-T_0^4\right); \qquad (6)$$

$$S^{\circ}(T)-S^{\circ}(T_0)=a\ln\frac{T}{T_0}+b(T-T_0)+$$
$$+\frac{c}{2}\left(T^2-T_0^2\right)+\frac{d}{3}\left(T^3-T_0^3\right); \qquad (7)$$

$$[G^{\circ}(T)-G^{\circ}(298{,}15)]=[H^{\circ}(T)-$$
$$-H^{\circ}(298{,}15)]-T[S^{\circ}(T)-S^{\circ}(298{,}15)]. \qquad (8)$$

Результаты расчета температурной зависимости изменения энтальпии, энтропии и энергия Гиббс для сплава АЖ 2.18 с церием через 100 К представлены в табл. 5.

Таблица 3

Значения коэффициентов *a, b, c, d* в уравнении (4) для эталона и сплава АЖ 2.18 с церием

Содержание церия в сплаве АЖ 2.18, % (по массе)	*a*, Дж/(кг·К)	*b*, Дж/(кг·К^2)	*c*, Дж/(кг·К^3)	*d*, Дж/(кг·К^4)	Коэффициент корреляции
Сплав АЖ 2.18 (1)	–1,3700	0,0116	$-1{,}68\cdot10^{-5}$	$8{,}56\cdot10^{-9}$	0,9964
(1) + 0,05	–1,3933	0,0120	$-1{,}7110^{-5}$	$8{,}58\cdot10^{-9}$	0,9964
(1) + 0,25	–1,3552	0,0118	$-1{,}66\cdot10^{-5}$	$8{,}24\cdot10^{-9}$	0,9964
(1) + 2,50	–1,3302	0,0117	$-1{,}63\cdot10^{-5}$	$8{,}02\cdot10^{-9}$	0,9964
Эталон (Cu марки М00)	0,3245	$2{,}75\cdot10^{-4}$	$-2{,}87\cdot10^{-7}$	$1{,}42\cdot10^{-10}$	1,0000

Рис. 5. Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи для сплава АЖ 2.18 с церием

Выводы. В режиме «охлаждения» по известной теплоемкости медного эталона марки М00 установлена теплоемкость сплава АЖ 2.18 с церием. Показано, что с ростом температуры теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшаются. С повышением концентрации церия теплоемкость сплава АЖ 2.18 растет. Энтальпия и энтропия сплавов в зависимости от содержания церия растут, а значения энергии Гиббса при этом уменьшаются. Это связано с влиянием церия на микроструктуру сплава АЖ 2.18, т.е. модифицирование церием увеличивает степень гетерогенности структуры сплава АЖ 2.18, результатом которого является рост теплоемкости сплавов [18, 19].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы. Состав, свойства, технология, применение. Справочник / Под общ. ред. И.Н. Фридляндера. – Киев: Коминтех, 2005. – 365 с.
2. Золоторевский В.С., Белов Н.А. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. – М.: изд. МИСиС, 2005. – 376 с.
3. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1979. – 640 с.
4. Смирягин А.П. Промышленные цветные металлы и сплавы. – М.: Металлургия, 1981. – 560 с.
5. Чукин М.В., Салганик В.М., Полецков П.П. и др. Основные виды и области применения наноструктурированного высокопрочного листового проката // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 4. С. 41 – 44.
6. Chen X.-G. Growth mechanisms of intermetallic phases in DC cast AA1XXX alloys // Essential Readings in Light Metals. Cast Shop for Aluminum Production. 2013. Vol. 3. P. 460 – 465.
7. Grange D.A. Microstructure control in ingots of aluminium alloys with an emphasis on grain refinement // Essential Readings in Light Metals. Cast Shop for Aluminum Production. 2013. Vol. 3. P. 354 – 365.
8. Geoffrey K. Sigworth Fundamentals of Solidification in Aluminum Castings // International Journal of Metalcasting. 2014.Vol. 8. Iss. 1. P. 7 – 20.
9. Умарова Т.М., Ганиев И.Н. Анодные сплавы алюминия с марганцем, железом и редкоземельными металлами. – Душанбе: Дониш, 2009. – 232 с.
10. Эсанов Н.Р., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Иброхимов Н.Ф. Влияние иттрия на удельную

Таблица 4

Зависимость коэффициента теплоотдачи, Вт/(К·м²), от температуры для сплава АЖ 2.18 с церием

Содержание церия в сплаве АЖ 2.18, % (по массе)	Значения α, Вт/(К·м²) при *T*, К					
	300	400	500	600	700	800
Сплав АЖ 2.18 (1)	0,0030	0,0199	0,0376	0,0609	0,0951	0,1276
(1) + 0,05	0,0032	0,0207	0,0399	0,0645	0,1007	0,1350
(1) + 0,25	0,0033	0,0210	0,0402	0,0638	0,0979	0,1387
(1) + 2,50	0,0034	0,0210	0,0400	0,0626	0,0997	0,1334
Эталон (Cu марки М00)	0,0049	0,0135	0,0259	0,0402	0,0619	0,0872

Таблица 5

Температурная зависимость изменения термодинамических функций сплава АЖ 2.18 с церием и медного эталона (Cu марки М00)

T, К	Эталон (Cu марки М00)	Сплав АЖ 2.18 (1)	(1) + 0,05 % Ce	(1) + 0,25 % Ce	(1) + 2,50 % Ce
	$\left[H°(T)-H°(T_0^*)\right]$,кДж/кг				
300	0,7120	1,5273	1,6569	1,6575	1,6367
400	39,8686	100,7773	108,9644	108,8250	107,3008
500	80,1679	223,1433	241,0849	240,6655	237,0860
600	121,4193	358,1373	386,9844	386,2650	380,2142
700	163,5173	500,4073	540,7769	539,6175	530,6233
800	206,4419	649,7373	701,7244	699,6250	686,9675
	$\left[S°(T)-S°(T_0^*)\right]$,кДж/(кг·К)				
300	0,0024	0,0051	0,0055	0,0055	0,0055
400	0,1149	0,2886	0,3120	0,3116	0,3073
500	0,2048	0,5609	0,6061	0,6058	0,5962
600	0,2800	0,8068	0,8718	0,8703	0,8569
700	0,3449	1,0260	1,1088	1,1065	1,0886
800	0,4022	1,2252	1,3236	1,3208	1,2973
	$\left[G°(T)-G°(T_0^*)\right]$,кДж/кг				
300	–0,0022	–0,0047	–0,0051	–0,0051	–0,0051
400	–6,1074	–14,6450	–15,8490	–15,8350	–15,6210
500	–22,2430	–57,3080	–61,9580	–61,8750	–60,9970
600	–46,5860	–125,9280	–136,1060	–135,8950	–133,9010
700	–77,9030	–217,7660	–235,3550	–234,9580	–231,3970
800	–115,3110	–330,4530	–357,1160	–356,4410	–350,8480

$^*T_0$ = 298,15 К.

теплоемкость и изменение термодинамических функции сплава АЖ 2,18 // Известия Юго-западного государственного университета. 2018. Т. 23. № 2. С. 75 – 84.

11. Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Низомов З., Обидов Ф.У., Иброхимов Н.Ф. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплавов системы Pb – Ca // Теплофизика высоких температур. 2014. Т. 52. № 1. С. 147 – 150.

12. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З., Ганиева Н.И., Иброхимов С.Ж. Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 //Физика металлов и металловедение. 2016. Т. 117. № 1. С. 53 – 57.

13. Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Сангов М.М., Сафаров А.Г. Влияние кальция на температурную зависимость удельной теплоемкость и изменение термодинамических функции алюминиевого сплава АЖ 5К10 // Вестник Казанского технологического университета. 2018. Т. 21. № 8. С. 11 – 15.

14. Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф. Влияние скандия на физико-химические свойства сплава АМг4 // Известия Самарского научного центра Российский Академии наук. 2014. Т. 16. № 4. С. 256 – 260.

15. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И. Влияние иттрия на теплофизические свойства сплава АМг2 // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2017. № 2 (67). С. 177 – 187.

16. Ганиев И.Н., Ниёзов Х.Х., Гулов Б.Н., Низомов З., Бердиев А.Э. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава АКlМ2, легированного празеодимом и неодимом // Вестник СибГИУ. 2017. № 3 (21). С. 32 – 39.

17. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. – М.: Металлургия, 1989. – 384 с.

18. Ганиев И.Н. Вахобов А.В. Стронций – эффективный модификатор силуминов // Литейное производство. 2000. № 5. С. 28.

19. Каргаполова Т.Б., Ганиев И.Н., Махмадуллоев Х.А., Хакдодов М.М. Барий новый модификатор силуминов // Литейное производство. 2000. № 10. С. 9, 10.

© 2019 г. *И.Н. Ганиев, Н.Р. Эсанов, А.Х. Хакимов, Н.И. Ганиева*

Поступила 13 ноября 2018 г.

УДК 721.021

Ю.К. Осипов, О.В. Матехина, М.А. Голодова

Сибирский государственный индустриальный университет

АРХИТЕКТУРНАЯ ГРАФИКА КАК КОМПОНЕНТ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Архитектура как искусственная материально-пространственная среда существует для того, чтобы создавать необходимые условия для жизни людей, и таким образом она представляет собой оболочку практически для всех значимых для отдельного человека и общества в целом жизненных процессов. По мере развития и изменения этих процессов возникает необходимость в том, чтобы изменить оболочку, в которой они протекают. Это относится как к крупным образованиям (район, город, агломерация), так и к небольшим фрагментам материально-пространственной среды, таким как беседка, квартира или дом. Таким образом, постоянно возникает необходимость в преобразовании существующего материального пространства. Например, на месте пустыря создана детская игровая площадка, на месте старого завода построен жилой комплекс.

В первую очередь необходимые преобразования проводят на моделях. Процесс моделирования и представляет собой процесс архитектурного проектирования. В архитектурном проектировании используют различные виды материальных моделей: тексты, таблицы, графические модели (чертежи, рисунки) и макеты. Компьютерные модели в той или иной степени совмещают в себе возможности вышеперечисленных видов моделей.

В процессе работы над проектом у архитектора возникает некоторое представление о его будущем – виртуальная модель объекта, которую необходимо перевести в форму материальной модели того или иного вида, что в конечном итоге и превращает объект проектирования в архитектурный проект.

Процесс архитектурного проектирования состоит из трех основных стадий: подготовительной, поиска проектного решения и разработки проекта. При этом центральной в творческом отношении является стадия поиска, так как именно на этой стадии рождается концепция объекта, главный принцип построения его формы.

Как известно, на форму объекта проектирования влияет множество факторов: природные (ландшафт и климат), функциональные (физические и социально-культурные процессы), технические (конструктивные, прочностные и другие характеристики, обеспечивающие материальное существование объекта), экономические и коммуникационные.

Поиск формы объекта представляет собой процесс конкретизации и развития первоначальных, самых общих представлений о нем. В процессе поиска архитектор создает графические и макетные эскизы, что является попыткой решения архитектурной задачи. При этом необходимо сохранить найденную композиционную идею, так как композиционная составляющая пронизывает весь цикл архитектурного проектирования.

Композиция обычно представляется в форме макета (на стадии поиска) и для ее использования в дальнейшем проектировании рекомендуется зафиксировать ее в виде планов, фасадов и разрезов. Для этого используется архитектурная графика, включающая комплекс графических средств, при помощи которых архитектурный объем изображается на плоскости.

Основными задачами архитектурной графики являются: изображение архитектурных объектов с наиболее полным отображением их внешнего и внутреннего архитектурного облика, объемно-пространственной композиции, материалов, конструкций и т.п. для осуществления строительства спроектированного объекта по выполненным чертежам. Архитектурная графика опирается на науку о методах изображения пространственных объектов на плоскости (начертательная геометрия), в основные задачи которой входят исследование способов построения проекционных чертежей, решение геометрических задач, относящихся к пространственным объектам, приложение методов начертательной геометрии к исследованию и решению практических и теоретических задач.

Архитектурный чертеж является важнейшим видом архитектурной графики [1]. Выполнение изображения проектируемого объекта есть необходимая часть творческого процесса проекти-

рования, при помощи которой конкретизируется замысел архитектора-проектировщика.

Совокупность изображений проектируемого объекта с соответствующими расчетами и пояснениями (комплекс технических документов) называется проектом. Различают первую стадию проектирования – технический чертеж и вторую стадию – рабочие чертежи. В связи с этим существует необходимость использовать различные графические приемы выполнения чертежей (ортогональные проекции, аксонометрию, перспективу). Все эти виды изображений могут быть линейными и светотеневыми. Первые являются более условными, а вторые создают иллюзию объемности изображений, приближая их восприятие к натурному. В архитектурной графике используется также рисунок как самостоятельная форма творчества, позволяющая придать архитектурным изображениям большую наглядность и выявляющая художественные качества изображаемых сооружений и их деталей. Как дополнение к графическим изображениям в процессе проектирования выполняют макеты, дающие объемное представление о проектируемых зданиях или сооружениях.

Проектирование зданий и сооружений включает в себя архитектурное проектирование, конструктивное проектирование (проекты и рабочие чертежи конструкций), специальное проектирование, относящееся к производственному и инженерному оборудованию проектируемых объектов, проекты организации производства работ на строительных площадках. Во всех этих видах проектирования используют свои правила выполнения чертежей, основанные на общих методах начертательной геометрии и соответствующих требованиям систем государственных стандартов ЕСКД и СПДС. Эти правила носят общее название строительного черчения, с которым при разработке проектов архитектурная графика тесно соприкасается и частично сливается.

Учебный процесс овладения архитектурной графикой заключается в приобретении практических навыков выполнения основных видов изображений (ортогональный чертеж, перспектива и аксонометрия, эскизный и точный архитектурные рисунки) и в изучении того, что изображается, без чего невозможно сознательное овладение графикой. Овладение архитектурной графикой должно сопровождаться знакомством с архитектурой зданий, сооружений и комплексов, вошедших в мировую сокровищницу. Это одновременно способствует усвоению композиционных принципов и приемов, развитию пространственного представления и воображения, воспитанию и развитию художественного вкуса.

Основы архитектурной графики закладываются еще на первом курсе при изучении дисциплин «Начертательная геометрия и графика» и «Основы профессиональных коммуникаций». Обучающиеся осваивают правила выполнения чертежей в ортогональных проекциях, аксонометрии и перспективе, способы дополнительной визуализации (построение теней архитектурных объектов), системы оформления проектно-конструкторской документации ЕСКД и СПДС. Именно на этом этапе происходит знакомство с основной терминологией проектирования (элементы зданий и сооружений, наименование изображений на строительных чертежах, таких как фасад, план, разрез, узел). С целью более полного освоения дисциплины рабочими программами предусматривается выполнение таких чертежей, как построение теней в ортогональных проекциях, аксонометрии или перспективе, чертеж зданий (комплект чертежей АР – архитектурные решения). Как результат обучающиеся являются более подготовленными к изучению собственно правил и методов архитектурного проектирования.

На последующих курсах, поэтапно (от простого к сложному) обучаясь методике проектирования, выполняя проекты жилых домов, различных общественных зданий, комплексов, обучающиеся используют разнообразные приемы для визуализации своих замыслов [2].

При первоначальном поиске архитектурной формы, композиции будущего здания, разработке клаузуры чаще всего используется архитектурный рисунок, позволяющий быстро отобразить объем, вписать его в окружающее пространство и сопоставить с изображением рядом расположенных объектов, растений, людей, животных, машин и т.п. Для большего эффекта представления нередко используются различные техники (тушь, уголь, карандаш, отмывка, различные штриховки и пр.), архитектурные шрифты для надписей, элементы антуража и стаффажа. Недостатком этого метода является отсутствие точного масштабирования, что может привести к определенным ошибкам, которые устраняются при дальнейшей проработке проекта.

Переходя к выполнению отдельных видов и чертежей проектируемого здания, обучающийся использует инженерную графику, позволяющую точно передать размеры, площади как отдельных помещений, так и сооружения в целом. Эти изображения вычерчиваются в соответствии с нормами и правилами оформления технической документации. В реальном проектировании на основании данных чертежей стадии АР выполняются конструкторские чертежи, расчеты, сметы и пр.

Для представления готового проекта заказчику, общественности (в обучении – преподавателю) используются методы визуализации, позволяющие точно передать габариты, форму, характер отделки здания. Для этого выполняются плоскостные чертежи фасадов зданий, а также объемные модели в 3D-графике и макеты. Современная компьютерная графика позволяет не только выстроить трехмерную модель, доступную для рассмотрения со всех сторон, при различных условиях освещения, ориентации по сторонам света и т.п., но и «вписать» ее в существующий ландшафт либо фрагмент городской застройки, полностью имитируя реализацию проекта в натуре.

Многообразие методов и приемов архитектурной графики позволяет максимально полно представить результат проектирования.

Выводы. Качественное архитектурное проектирование невозможно без глубокого и всестороннего освоения видов, методов, приемов и техники архитектурной графики, которая дает возможность полноценного представления архитектурного замысла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Осипов Ю.К., Шевченко В.В., Бричев А.Н. Архитектурный чертеж как средство профессиональной коммуникации // Вестник СибГИУ. 2018. № 1 (23). С. 46 – 51.
2. Осипов Ю.К. Архитектура, образование, проблемы и реальность // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. 2017. Вып. 38. С. 193 – 196.

© 2019 г. *Ю.К. Осипов, О.В. Матехина, М.А. Голодова*

Поступила 4 марта 2019 г.

УДК 712.7:681.111

Ю.К. Осипов, Е.Ю. Никоненко, А.Н. Черемнова

Сибирский государственный индустриальный университет

ИСКУССТВЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ САДОВО-ПАРКОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ И МАСТЕРСТВО ВКЛЮЧЕНИЯ ИХ В ГОРОДСКОЙ ЛАНДШАФТ

Типы сооружений в садах и парках чрезвычайно разнообразны – от крупных зданий многофункционального назначения до беседок, скамей и элементов детских и игровых площадок. Все это разнообразие можно условно, по их композиционной значимости в ландшафте, свести к нескольким группам.

Каждая группа несет свою функциональную нагрузку. Например, малые архитектурные формы за редким исключением находятся в подчиненном, с композиционной точки зрения, отношении к пространственно-планировочному решению данной части парковой территории и размещаются в соответствии со степенью их композиционной активности.

В садово-парковой архитектуре крайне редко используют такой элемент ландшафтного дизайна, как солнечные часы. Исключение составляют астрономические площадки, где горизонтальный тип солнечных часов рассматривается как астрономический инструмент.

Представляют интерес солнечные часы как элемент игровой площадки.

В древности люди определяли время по Солнцу. Это можно делать и сейчас при помощи нехитрого приспособления. Любые солнечные часы состоят из кадрана и укрепленного на нем гномона. Кадран – плоская поверхность какого-либо предмета с нанесенными на нем часовыми делениями. Гномон представляет собой небольшой прямой стержень из металла, пластика или дерева, укрепленный на кадране. По тени, падающей от гномона на кадран, узнают как астрономическое, так и декретное время, т.е. то, которым мы пользуемся в повседневной жизни.

По ориентации гномона и циферблата различают следующие виды солнечных часов: экваториальные, горизонтальные, вертикальные и полярные. Вместе с аналемматическими (частный случай горизонтальных) эти четыре конструкции являются самыми распространенными. Однако есть еще армиллярные, бифилярные, зеркальные, сферические, конические и другие редко встречающиеся виды солнечных часов, в том числе цифровые солнечные.

Более распространенными являются солнечные горизонтальные часы. Ими пользоваться удобнее, чем экваториальными, и именно они, как правило, стоят в садах и парках. Такие часы могут быть размещены прямо на земле или на специальном постаменте, они всегда освещены Солнцем. Гномон этих часов имеет вид треугольника, большая сторона которого направлена параллельно оси Земли, а прилегающий к ней угол равен географической широте.

-

Рис. 1. Аналемматические солнечные часы

Рис. 2. Схематичный чертеж солнечных часов

При выполнении проекта было принято решение остановиться на разработке аналемматических солнечных часов. Аналемматические солнечные часы являются частным случаем горизонтальных. Эти часы состоят из циферблата в форме эллипса, на периметре которого размещены часовые точки (они же часовые линии), и подвижного гномона, перпендикулярного плоскости часов (рис. 1). Плоскость может быть любой, но чаще всего используют горизонтальную. В горизонтальной версии солнечных часов гномон располагается прямо на оси Север – Юг в точке, которую определяет текущая угловая высота Солнца (т.е. текущая дата). Аналемматические солнечные часы соответствуют проекции линии экватора Земли.

Для расчета необходимо знать широту, в которой будут использоваться солнечные часы, и значение угловой высоты Солнца в различные дни каждого месяца. На рис. 2 изображен схематичный чертеж солнечных часов.

Существуют два метода градуировки солнечных часов:

1) путем расчета расстояния *X* от центра часов до часовой точки на горизонтальной линии Запад – Восток и расстояния *Y* на вертикальной линии Юг – Север (прямоугольная система координат);

2) путем расчета центрального угла *A* и расстояния *Z* часовой точки от центра часов (полярная система координат).

Табл. 1 содержит результаты необходимых вычислений для условий г. Новокузнецка, находящегося на широте 53°48' и долготе 87°8'.

В табл. 2 представлены результаты расчета календарной шкалы для широты 53°48'; географический часовой пояс +5.75; поправка 2.25 часа; астрономический полдень 14:15.

Рис. 3. Чертеж календарной шкалы

Чертеж календарной шкалы следует строить по значениям табл. 2 в соответствии с центром координат солнечных часов, т.е. точка «*O*» выступает в качестве начала координат также для календарной шкалы. Положительное направление оси календарной шкалы соответствует направлению оси *Y* солнечных часов. На рис. 3 изображен чертеж календарной шкалы для рассчитанных в табл. 2 значений.

На рис. 4 изображен план аналемматических часов, рассчитанный для региона г. Новокузнецка.

Солнечные часы как элемент ландшафтного дизайна применяются для благоустройства парков, скверов и любых других зон отдыха. Ими украшают даже приусадебные участки. Дизайнерское исполнение часов может быть различным. Они могут быть выполнены из недорогих материалов (даже подручных) или же их можно

Таблица 1

Часовые точки для аналемматических солнечных часов

Время 12 ч, час:мин		**Время 24 ч**	**Час. угол**	**Угол** *A*,	**Расстояние** ***X***	**Расстояние** ***Y***	**Расстояние** ***Z***
До полудня	**После полудня**	T24, ч	*h*, градусы	градусы	sin(*h*)	sin(ø) · cos(*h*)	$\sqrt{X^2+Y^2}$
	12:00	12.00	0	0	0	0.806	0.806
11:45	12:15	12.25	3.75	4.646	0.065	0.805	0.807
11:30	12:30	12.50	7.50	9.271	0.131	0.800	0.810
11:15	12:45	12.75	11.25	13.855	0.195	0.791	0.815
11:00	1:00	13.00	15.00	18.378	0.259	0.779	0.821
10:45	1:15	13.25	18.75	22.826	0.321	0.764	0.829
10:30	1:30	13.50	22.50	27.185	0.383	0.745	0.838
10:15	1:45	13.75	26.25	31.444	0.442	0.723	0.848
10:00	2:00	14.00	30.00	35.598	0.500	0.698	0.859
9:45	2:15	14.25	33.75	39.642	0.556	0.671	0.871
9:30	2:30	14.50	37.50	43.574	0.609	0.640	0.883
9:15	2:45	14.75	41.25	47.397	0.659	0.606	0.896
9:00	3:00	15.00	45.00	51.114	0.707	0.570	0.908
8:45	3:15	15.25	48.75	54.729	0.752	0.532	0.921
8:30	3:30	15.50	52.50	58.249	0.793	0.491	0.933
8:15	3:45	15.75	56.25	61.680	0.831	0.448	0.945
8:00	4:00	16.00	60.00	65.032	0.866	0.403	0.955
7:45	4:15	16.25	63.75	68.311	0.897	0.357	0.965
7:30	4:30	16.50	67.50	71.527	0.924	0.309	0.974
7:15	4:45	16.75	71.25	74.689	0.947	0.259	0.982
7:00	5:00	17.00	75.00	77.806	0.966	0.209	0.988
6:45	5:15	17.25	78.75	80.886	0.981	0.157	0.993
6:30	5:30	17.50	82.50	83.939	0.991	0.105	0.997
6:15	5:45	17.75	86.25	86.974	0.998	0.053	0.999
6:00	6:00	18.00	90.00	90.000	1.000	0.000	1.000
5:45	6:15	18.25	93.75	–86.974	0.998	–0.053	0.999
5:30	6:30	18.50	97.50	–83.939	0.991	–0.105	0.997
5:15	6:45	18.75	101.25	–80.886	0.981	–0.157	0.993
5:00	7:00	19.00	105.00	–77.806	0.966	–0.209	0.988
4:45	7:15	19.25	108.75	–74.689	0.947	–0.259	0.982
4:30	7:30	19.50	112.50	–71.527	0.924	–0.309	0.974
4:15	7:45	19.75	116.25	–68.311	0.897	–0.357	0.965
4:00	8:00	20.00	120.00	–65.032	0.866	–0.403	0.955

Таблица 2

Календарная шкала для аналемматических солнечных часов

Дата	Угловая высота	Календарная шкала
01 янв	–23.01	–0.251
01 фев	–17.13	–0.182
01 мар	–7.25	–0.075
01 апр	4.88	0.050
01 май	15.34	0.162
01 июн	22.17	0.241
21 июн	23.44	0.256
01 июл	23.05	0.252
01 авг	17.79	0.190
01 сен	7.96	0.083
01 окт	–3.53	–0.036
01 ноя	–14.71	–0.155
01 дек	–21.94	–0.238
21 дек	–23.44	–0.256

Рис. 4. План аналемматических солнечных часов, рассчитанный для г. Новокузнецка

Рис. 5. Аналемматические часы, в которых гномоном служит человек

превратить в произведение исскуства (благородность оформления).

Преимущество аналемматических солнечных часов в том, что они могут быть изготовлены в виде зоны отдыха или небольшой игровой площадки, которая будет интересна и детям, и взрослым, так как роль подвижного вертикального гномона может выполнять сам человек; достаточно встать на клетку с названием текущего месяца (рис. 5).

В городе Новокузнецке еще не было такой формы малой архитектуры, поэтому авторами проекта было предложено благоустройство площадки в парке культуры и отдыха им. Гагарина (рис. 6). Предлагается выполнить проект изгранита, так как этот материал отвечает эстетическим требованиям, долговечен и просто очень красив.

Выводы. При проектировании паркового ландшафта городского пространства следует творчески подходить к выбору малых архитектурных форм для площадок отдыха.

© 2019 г. *Ю.К. Осипов, Е.Ю. Никоненко, А.Н. Черемнова*

Поступила 17 апреля 2019 г.

Рис. 6. Аналемматические солнечные часы в ландшафте парка культуры и отдыха им. Гагарина г. Новокузнецка

УДК 65.012.8:621.56.001.42

М.Ю. Сященко

Сибирский государственный индустриальный университет

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АММИАЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ПРИМЕРЕ ГИПЕРМАРКЕТА «ЛЕНТА»

Аммиак – токсичное вещество 4-го класса опасности. Предприятия, эксплуатирующие аммиачные холодильные установки, попадают под действие Федерального закона № 116-ФЗ от 21.07.1997 года «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1]. Концентрация аммиака в воздухе 0,5 – 2,0 мг/л является смертельной, такая концентрация приводит к гибели живых организмов. Кроме того, аммиачные холодильные установки потенциально взрыво- и пожароопасны. Именно поэтому, кроме лицензии на эксплуатацию химически опасного производственного объекта предприятию, эксплуатирующему аммиачные холодильные установки, необходимо оформление лицензии на эксплуатацию взрывоопасного производственного объекта [2].

Рассмотрим вопросы организации безопасности работы при эксплуатации холодильных установок на примере гипермаркета «Лента». Гипермаркет расположен в г. Новокузнецк, улица Транспортная, 136. Общая торговая площадь составляет 1600 м^2, площадь складских помещений – 500 м^2. Для обеспечения кратковременного или длительного хранения товаров, продуктов, готовой продукции с соблюдением установленных индивидуальных требований по температурному режиму используется холодильное оборудование более 100 наименований. Кроме того, в функции многих холодильных устройств в гипермаркете «Лента» входит демонстрация товаров в торговых залах.

Холодильное оборудование гипермаркета «Лента» отличается конструктивно, способами использования, типом охлаждения, температурным режимом. Каждый вид холодильного оборудования имеет свои особенности и индивидуальное предназначение. Иногда используется комбинация холодильных устройств. Например, модульные камеры представляют собой прибор, состоящий из сборно-разборного корпуса и агрегата, который может быть представлен в виде моноблока или сплит-системы [3, 4].

В гипермаркете «Лента» представлены различные виды холодильного оборудования.

1. Холодильные витрины. Их основная задача состоит в демонстрации замороженных или охлажденных товаров, продуктов, напитков, гастрономических полуфабрикатов. В гипермаркете находятся в эксплуатации напольные и настольные модели холодильных витрин со средним (до +8 ºС), низким (до –18 ºС) и комбинированным температурным режимом.

2. Холодильные шкафы. Основное предназначение – демонстрация и хранение товаров. Для хранения товара на складах и в подсобных помещениях гипермаркета «Лента» применяются агрегаты с глухими распашными дверями, для хранения и экспозиции товара в торговом зале – шкафы с раздвижными дверями из стекла, среднетемпературные и низкотемпературные модели, предназначенные для длительного хранения товара.

3. Морозильные лари предназначены для хранения товаров, прошедших предварительную заморозку, их экспозиции в торговом зале. Такие лари различаются по температурному режиму. Низкотемпературные морозильные лари способны надежно поддерживать температуру до –43 ºС [5].

4. Холодильные горки представляют собой охлаждаемые стеллажи с максимально открытым доступом и большой экспозиционной возможностью, это очень удобно для демонстрации товара. Такое оборудование может работать с встроенными или выносными агрегатами (для торговых залов), применяется для выкладки гастрономических товаров, фасованных сыров и колбас, молочной продукции, овощей и фруктов.

5. Холодильные камеры используются для складирования и длительного хранения всевозможных товаров. Для осуществления необходимого температурного режима в камерах используются встроенные или выносные холодильные установки.

6. Холодильные моноблоки, самый простой тип кондиционеров, которые состоят из корпуса, внутри которого расположены агрегаты (конденсатор, испаритель, компрессор) и автоматика. Такие моноблоки обеспечивают принуди-

тельную вентиляцию и охлаждение воздуха в торговом зале гипермаркета или в специальных камерах для складов [6].

7. Холодильные сплит-системы обеспечивают бесшумность работы благодаря вынесенному наружу агрегату (компрессору), служат для принудительного охлаждения и вентиляции торговых помещений.

8. Морозильные бонеты используются в торговом зале гипермаркета для реализации замороженных продуктов. Температурный режим составляет –18 ÷ –25 ºС. Различают морозильные бонеты открытого типа, бонеты-лари и застекленные устройства [2].

9. Холодильные столы выполняют функцию охлаждения, заморозки, автоматического размораживания продуктов, а также кратковременного и длительного хранения пищевой продукции.

При анализе промышленной безопасности эксплуатации аммиачных холодильных установок в гипермаркете «Лента» необходимо отметить, что основным требованием к системам холодоснабжения является их безопасность для персонала и покупателей гипермаркета.

Систему можно считать практически безопасной, если в случае аварии с разрушением единичного самого опасного блока системы не происходит поражения людей за границей территории предприятия. Поскольку безопасность объекта в большей степени зависит от массы заправленного в систему аммиака, то принципиально речь идет о создании новых систем с малой массой аммиака. В настоящее время встает вопрос необходимости увеличения количества работ, направленных на повышение уровня безопасности использования аммиачных холодильных установок, безопасности обслуживающего персонала и населения.

Приняты и подлежат обязательному выполнению требования по безопасности аммиачных холодильных установок ПБ 09-595 – 03 [7], в которых играет роль «человеческий фактор» [7 – 9]. Для исключения таких инцидентов необходимо, чтобы все функции по противоаварийной защите выполнялись средствами автоматизации при обязательном периодическом контроле их работоспособности, фиксируемом в соответствующих документах [8, 9].

В гипермаркете «Лента» особое внимание уделяется периодическому обучению персонала (согласно графику) правилам эксплуатации аммиачных холодильных установок.

Периодически, в соответствии с установленным графиком и требованиями соответствующих Правил [10] руководство гипермаркета обеспечивает проведение в полном объеме экспертизы промышленной безопасности и технического освидетельствования оборудования аммиачных установок, а также устройств противоаварийной автоматической защиты.

К обслуживанию аммиачных холодильных установок (АХУ) допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие обязательные медицинские осмотры, обучение и аттестацию в учреждениях образования, обеспечивающих повышение квалификации и переподготовку кадров, а также на курсах, специально проводимых предприятием [11].

Холодильные камеры с температурой ≤ 0 ºС в гипермаркете оборудованы системой сигнализации «Человек в камере». Устройства для подачи из камеры светозвукового сигнала размещены около дверей камеры на высоте не более 50 см от пола, обозначены светящимися указателями и надписью о недопустимости загромождения их грузом, защищены от повреждений. Сигнал «Человек в камере» поступает в помещение, где постоянно организовано дежурство персонала.

В последние годы многие предприятия перешли на фреоновые установки. Хотелось бы обратить внимание на некоторые особенности использования этого хладагента для получения холода. У фреона высокие значения предельно допустимой концентрации в воздухе (ПДК), что делает его фактически безвредными для населения. Но фреон не безвреден. Необходимо соблюдать особые требования, предъявляемые к размещению холодильных установок, в которых он используется, особенно в части противопожарных требований (это объясняется тем, что в результате экзотермической реакции фреон преобразуется в высокотоксичные вещества, такие как фосген и дифосген). Переход на фреоновое охлаждение целесообразен для объектов, находящихся в густонаселенных районах плотной застройки, в случае малой величины санитарно-защитной зоны вокруг опасного производственного объекта.

Выводы. Соблюдение требований безопасности и инструкций необходимо для сохранения здоровья и жизни рабочего персонала предприятия, использующего холодильные установки, и населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ФЗ № 116. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный закон: принят Гос. Думой 21.07.1997 г.
2. Бараненко А.В., Калюнов В.С., Румянцев Ю.Д. Практикум по холодильным установкам: учебное пособие для студентов вузов. – СПб.: Профессия, 2001. – 272 с.
3. Якшаров Б.П., Смирнова И.В. Справочник механика по холодильным установкам. – Л.: Агропромиздат, 1989. – 312 с.

4. Кошпен Ж.Л. Учебник по холодильной технике / Пер. с фр. под ред. В.Б. Сапожкова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. – 1142 с.

5. Богданов С.И., Иванов О.П. Свойства веществ. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.

6. Носиков А.С., Зыльков В.П. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию холодильных установок для студентов специальности 16.03 «Техника и физика низких температур». Технические данные холодильного оборудования. – Могилев: МТИ, 1993. – 22 с.

7. ПБ 09-595 – 03. Правила безопасности аммиачных холодильных установок. Утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 9 июня 2003 г. № 79. – М.: ПИО ОБТ, 2003. – 76 с.

8. Бараненко А.В., Пекарев В.И., Тимофеевский Л.С. Холодильные машины: учебник для втузов по специальности «Техника и физика низких температур». – СПб.: Политехника, 2006. – 944 с.

9. Носиков А.С., Зыльков В.П. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию холодильных установок для студентов специальности 16.03 «Техника и физика низких температур». Схемы и условные графические обозначения оборудования холодильных установок. – Могилев: МТИ, 1993. – 22 с.

10. Основные правила работы магазина, права и обязанности работников магазина. Утв. приказом министра торговли РСФСР от 27 ноября 1958 года № 399 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/901760957 (дата обращения 18.05.2019).

11. ПБ-09-220-98. Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок. Утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 30 июня 1998 г. № 38 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.centrattek.ru/normativnye_dokumenty/normativy/pravila-bezopasnosti/pb-09-220-98/ (дата обращения 18.05.2019).

© 2019 г. *М.Ю. Сященко*

Поступила 18 мая 2019 г.

УДК 658.311.5:159.923

Г.Г. Казанцева, Т.Н. Борисова

Сибирский государственный индустриальный университет

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА ЛИЧНОСТИ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений является не только государственной стратегической целью, но и обусловливает практическую деятельность человека во многих сферах его жизни [1]. Так, в сфере подбора персонала активно применяется искусственный интеллект для оценки соискателя на соответствие должности. Используются роботы на всевозможных каналах связи: электронная почта, SMS-сообщения, мессенджеры, видеосервисы (например HireVue, который не просто записывает собеседования с соискателями на видео, но и оценивает их профессиональные компетенции) [2]. Набирает популярность геймификационная технология, которая позволяет сделать рабочие процессы более увлекательными, добавить в процесс работы дух состязания [3]. Появились и крупные разработчики таких технологий, предоставляющие возможность внедрить геймификацию как в образовательных учреждениях, так и при отборе, обучении и развитии персонала в иных организациях, применяющих современные интерактивные технологии – компьютерные симуляторы [4].

Информационно-интеллектуальные системы, геймификация значительно упрощают и оптимизируют деятельность в области управления персоналом. Однако существует проблема низкого доверия к результатам, полученным с привлечением искусственного интеллекта, и низкой мотивации сотрудников в использовании геймификации бизнес-процессов по сравнению с обычными компьютерными играми [2, 3].

В рамках научно-исследовательской работы кафедры менеджмента и отраслевой экономики СибГИУ, выпускающей бакалавров и магистров по направлениям подготовки «Управление персоналом» и «Менеджмент», проводятся исследования по теме «Личностный потенциал как фактор успешной реализации кадровой политики современной организации». Эта тема исследования выбрана как наиболее востребованная и отвечающая современным тенденциям кадровой политики современных организаций, где каждый сотрудник – это конкурентное преимущество компании (кадры решают все!). При разработке приведенных ниже положений применения современных цифровых технологий при оценке личностного потенциала учтены достоинства и недостатки существующих информационно-интеллектуальных технологий и систем, использующихся при управлении персоналом.

Первое положение: термин «потенциал личности» и его применение дифференцируются в зависимости от целей его использования (акмеологическая, адаптационная, управленческая, организационная, профессионально-личностная и т.д.) [5, 6]. Это связано с тем, что потенциал личности является многогранным, играет важную роль в период адаптации к условиям жизнедеятельности, в формировании профессиональных навыков, оказывает влияние на успешность самореализации, карьеру, развитие своих способностей [6]. Наиболее популярна в современных условиях оценка творческих, лидерских, интеллектуальных потенциалов. В связи с этим отличаются и критерии оценки потенциала.

Второе положение: особенности личности, которые сформированы в мире цифровых технологий (клиповое мышление, «заточенность» под работу с визуальными образами и другие социально-психологические особенности новых поколений), должны учитываться при разработке методов оценки личностного потенциала.

Третье положение: рекомендуется дополнение существующих интеллектуальных цифровых технологий и систем оценки потенциала личности инструментами, основанными на использовании оборудования, фиксирующего физиологические параметры тестирующихся (положение зрачка, пульс и т.д.) для повышения доверия к искусственному интеллекту.

Перечисленные положения использованы при создании компьютерной программы «Divergent direction», выявляющей потенциальные способности для обучения инженерных групп профессий, таких как инженер-организатор, инженер-исследователь, инженер-конструктор,

инженер-эксплуатационник, инженер прочих функциональных подразделений. В настоящее время эта программа проходит апробацию при профориентационном тестировании абитуриентов СибГИУ, в том числе в работе приемной комиссии [7].

Методика тестирования, заложенная в компьютерную программу, является универсальной, так как имеется возможность изменять критерии оценки личностного потенциала в соответствии с запросами клиента, а стимульный материал теста – под половозрастные особенности тестируемых. Процесс тестирования в разработанной программе увлекательный, так как основан на технологии геймификации, а выбор тестируемого верифицируется системой таймера времени, следящей за фокусом внимания на объекте выбора тестируемым. Тем самым повышается надежность результатов тестирования.

Разработанная программа компьютерного профориентационного тестирования «Divergent direction» создавалась под руководством доцента кафедры менеджмента и отраслевой экономики с привлечением психологов, программистов, патентоведа, дизайнера и работников приемной комиссии СибГИУ. Программа основана на научных методах оценки потенциала личности, прошла внешнюю экспертизу, получила признание на международных образовательных выставках-ярмарках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 (ред. от 19.07.2018) «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
2. Сергеева О. Искусственный интеллект в подборе: обнажаем теневые стороны. Какие сложности возникают у HR-ов с чат-ботами и роботами [Электронный ресурс]: Директор по персоналу. 2018. №3. – Режим доступа: https://e.hr-director.ru/article.aspx?aid=624535 (дата обращения: 03.03.2019).
3. Зарянова Я.В., Великих П.К. HR-геймификация: как использовать игровые технологии в управлении персоналом // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2015. № 10. С. 53, 54.
4. Онлайн платформа Simulizator [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://simulizator.com (дата обращения: 03.03.2019).
5. Личностный потенциал: структура и диагностика / Под ред. Д.А. Леонтьева. – М.: Смысл, 2011. – 680 с.
6. Тавтилова Н.Н. Личностный потенциал как фактор успешной реализации кадровой стратегии. В кн.: Психология в России и за рубежом: материалы II Междунар. науч. конф., г. Санкт-Петербург, ноябрь 2013 г. – СПб.: Реноме, 2013. С. 98 – 103. – URL https://moluch.ru/conf/psy/archive/109/4480 (дата обращения: 27.02.2019).
7. Казанцева Г.Г., Хомичева В.Е., Франк Е.Я., Гордеева О.В. Профориентационная методика тестирования с использованием программного продукта «Divergent direction» (на примере ФГБОУ ВО «СибГИУ»). – В кн.: Современные вопросы теории и практики обучения в вузе. Сб. науч. тр. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2017. Вып. 20. С. 119 – 124.

© 2019 г. *Г.Г. Казанцева, Т.Н. Борисова*

Поступила 15 марта 2019 г.

К 80-ЛЕТИЮ ЮРИЯ СЕРГЕЕВИЧА КАРАБАСОВА

12 июня 2019 года исполняется 80 лет доктору технических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, крупному ученому и государственному деятелю Юрию Сергеевичу Карабасову.

В 1961 г. окончил Московский институт стали и сплавов (МИСиС). Трудовую деятельность Ю.С. Карабасов начал младшим научным сотрудником. В 1966 г. защитил кандидатскую диссертацию по комплексному использованию полиметаллических руд на примере извлечения германия, в 1976 г. – докторскую диссертацию на тему «Проблемы использования твердого топлива в агломерационном и доменном производстве». В 1982 г. ему присвоено ученое звание профессора.

В МИСиСе Юрий Сергеевич прошел трудовой путь от научного сотрудника до ректора и президента университета. С 1972 г. работал на различных должностях районного и городского комитетов КПСС г. Москвы.

В апреле 1992 г. на конференции преподавателей и сотрудников Ю.С. Карабасов избран ректором Московского института стали и сплавов (МИСиС). С апреля 2007 года до 25 апреля 2017 года – президент МИСиС (технологического университета). Являлся председателем Совета ректоров вузов г. Москвы; действительный член Российской Академии естественных наук, Российской инженерной академии, Академии проблем качества.

2 декабря 2007 г. избран депутатом Государственной Думы РФ пятого созыва в составе федерального списка кандидатов, выдвинутого Всероссийской политической партией «Единая Россия»; секретарь Политсовета Московского городского регионального отделения партии «Единая Россия». Ю.С. Карабасов – лауреат премии Президента РФ за 2003 год в области науки и образования.

Награжден орденами «Знак Почета», «Дружбы народов», медалью «В память 850-летия Москвы». Основные направления научно-организационной деятельности Ю.С. Карабасова посвящены решению проблем рационального использования природных и техногенных ресурсов, сертификации металлопродукции, созданию систем качества на предприятиях, экологической сертификации технологий и производств.

Для реализации этих направлений по инициативе Ю.С. Карабасова созданы Межведомственный научный совет по ресурсосбережению и переработке отходов, сертификационные центры «Металлсертификат» и «Экосерт», открыта новая специальность подготовки инженерных кадров «Стандартизация и сертификация в металлургии».

Благодаря мудрости, новаторскому стилю мышления и управленческому таланту Ю.С. Карабасова МИСиС преумножил славные традиции Института стали и сплавов как головного отраслевого вуза страны. Заложенный им надежный фундамент кадрового, образовательного и научно-инновационного потенциала стали основой дальнейшего развития университета, вхождения его в число лидеров высшего образования России.

Редакция журнала, коллеги, ученики и друзья от всей души поздравляют Юрия Сергеевича с юбилеем, желают ему доброго здоровья, дальнейших успехов в педагогической и научной деятельности. Дорогой Юрий Сергеевич, низкий поклон и уважение за Ваши заслуги и огромный вклад в развитие российской науки и высшего образования.

УДК 531.44.002.52

Оценка возможности реализации трибометаллургических технологий на меди / Савельев А.Н., Полищук С.В., Поданев А.Ю. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 3.

Результаты лабораторного исследования показали, что при определенных условиях эффект циркуляционного трения, приводящий к формированию аморфного поверхностного слоя, на меди реализуем. В результате исследований показано, что максимальная толщина аморфного слоя на меди достигает 0,7 мм. Формируется такой слой при скорости движения инструмента 105 м/с, скорости подачи материала в зону деформации 4,96 мм/с и величине заглубления диска в материал 0,05 мм. Ил. 3. Табл. 1. Библ. 10.

Ключевые слова: трибометаллургическая технология, циркуляционное трение, аморфный слой.

Evaluation of the possibility of implementing tribometallurgical technologies on copper / Savelyev A.N., Polishchuk S.V., Podanev A.Yu. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 3.

The results of laboratory studies have shown that under certain conditions, the effect of circulating friction, leading to the formation of an amorphous surface layer, is realizable on copper. As a result of research, it was shown that the maximum thickness of the amorphous layer on copper reaches 0.7 mm. Such a layer is formed at a tool moving speed of 105 m / s, a material feed rate to the deformation zone of 4.96 m / s, and a disk depth into the material by 0.05 mm. Fig. 3. Table 1. Ref. 10.

Keywords: tribometallurgical technology, circulation friction, amorphous layer.

УДК 669.046:536.7

Исследование влияния температурных режимов на параметры тепловой работы стендов разогрева футеровок сталеразливочных ковшей / Запольская Е.М., Темлянцев М.В., Григорьев А.В. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 7.

Представлены результаты исследовании с применением математической модели влияния температурных режимов, отличающихся скоростью разогрева футеровки, на тепловую эффективность работы стендов, отапливаемых газовой горелкой, и результаты изучения динамики показателей теплового состояния ковша в процессе разогрева. Ил. 5. Табл. 1. Библ. 17.

Ключевые слова: стенды разогрева, футеровка, тепловая эффективность

Study of the influence of temperature regimes on the parameters of the thermal operation of stands for heating of linings of steel-casting ladles / Zapolskaya E.M., Temlyantsev M.V., Grigoryev A.V. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 7.

The results of the study with the use of a mathematical model of the influence of temperature regimes are presented differing by the speed of lining heating on the thermal efficiency of stands heated by the gas burner, and the results of studying the dynamics of indicators of the ladle thermal state in the process of heating. Fig 5. Table 1. Ref. 17.

Keywords: heating stands, lining, thermal efficiency

УДК 622.15.00.57.002.61

Исследование свойств барий-стронциевых карбонатных концентратов с целью использования их в качестве сырья для получения лигатур-модификаторов / Якушевич Н.Ф., Темлянцев М.В., Павлов В.В., Абина А.А., Кузнецова О.В. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 11.

Рассмотрены комплексные барий-стронциевые карбонатные концентраты (БСК) в качестве сырья для получения кремнистых сплавов – лигатур, используемых для модифицирования стали и чугуна. Показана возможность обогащения исходных концентратов, содержащих 13 – 18 % BaO и 3,5 – 7,5% SrO, методом магнитной сепарации с увеличением содержания BaO и SrO в 1,5 – 2,0 раза. Изучено методом термограви-

метрического анализа поведение обогащенных барий-стронциевых карбонатных концентратов и магнитных отходов (обедненных по содержанию BaO и SrO) в процессе нагревания до 1500 °С на воздухе и в атмосфере аргона. Показано, что диссоциация карбонатов $CaCo_3$, $BaCo_3$, $SrCO_3$ протекает в интервале температур 900 – 1200 °С, а появление жидкой фазы (легкоплавких эвтектик авгита и акмита) происходит при 1000 – 1150 °С.

Ключевые слова: барий-стронциевые концентраты, магнитная сепарация, термогравиметрический анализ.

Study of the properties of barium-strontium carbonate concentrates with the aim of using them as a raw material for the production of modifying ligatures / Yakushevich N.F., Temlyantsev M.V., Pavlov V.V., Abina A.A., Kuznetsova O.V. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 11.

The complex barium-strontium carbonate concentrates (BSC) as a raw material for the production of silicon alloys – masteralloys used to modify steel and cast iron are considered. The possibility of enrichment of initial concentrates containing 13–18 % BaO and 3.5–7.5 % SrO was shown by the magnetic separation method with an increase in the BaO and SrO content in 1.5–2.0 times. The behavior of enriched barium-strontium carbonate concentrates and magnetic wastes (depleted in the content of BaO and SrO) in the process of heating to 1500 °C in air and in argon atmosphere was studied by the method of thermogravimetric analysis. It was shown that the dissociation of carbonates $CaCo_3$, $BaCo_3$, $SrCO_3$ proceeds in the temperature range of 900–1200 °C, and the appearance of the liquid phase (low-melting eutectics of augite and acmite) occurs at 1000–150 °C.

Keywords: barium-strontium concentrates, magnetic separation, thermogravimetric analysis.

УДК 669.184

Исследования влияния параметров производства слитков конветерной стали на качество их внутренней структуры / Уманский А.А., Денисов Я.В. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 15.

Проведенными для условий АО «ЕВРАЗ ЗСМК» исследованиями установлены параметры разливки стали маки 3пс, оказывающие значимое воздействие на качество внутренней структуры слитков. Определены виды наиболее характерных неметаллических включений в стали на выпуске из конвертера и в деформированных слитках. Ил. 3. Табл. 1. Библ. 11.

Ключевые слова: конвертерная сталь, слиток, внутренняя структура, неметаллические включения.

Studies of the effect of production parameters of conveyor steel ingots on the quality of their internal structure / Umansky AA, Denisov Ya.V. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 15.

Conducted for the conditions of "EVRAZ ZSMK" studies set the parameters of casting steel 3PS, have a significant impact on the quality of the internal structure of the ingots. Defines the most characteristic non-metallic inclusions in steel in the production of converter and deformed bars. Fig. 3. Table 1. Ref. 11.

Keywords: converter steel, ingot, internal structure, non-metallic inclusions.

УДК 622.822

Комплексная математическая модель термодинамических процессов угольных шахт / Чижик Ю.И. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 19.

В настоящее время развитие угольной промышленности России в значительной мере зависит от эффективности решения задач, обеспечивающих безопасные и комфортные условия труда. Изучение закономерностей теплопереноса в шахтной атмосфере и углепородном массиве в нормальных условиях и при наличии очага пожара для обеспечения безопасных и комфортных условий труда в угольных шахтах является актуальной научной задачей. Для изучения влияния различных факторов на тепловой режим и прогноза температуры в проектируемых выработках шахт разработана математическая модель теплопереноса в шахтной атмосфере, которая включает алгоритм и программное обеспечение. Модель основана на уравнениях теплового баланса горных выработок и методе конечных элементов. Ил. 1. Библ. 2.

Ключевые слова: математическая модель, комфортные условия труда, термодинамические процессы угольных шахт.

Complex mathematical model of thermodynamic processes of coal mines / Chizhik Yu.I. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 19.

At present, the development of the coal industry in Russia largely depends on the efficiency of solving tasks that ensure safe and comfortable working conditions. The study of the patterns of heat transfer in the mine atmosphere and coal-rock massif under normal conditions and in the presence of a fire to ensure safe and comfortable working conditions in coal mines is an important scientific task. To study the influence of various factors on thermal conditions and temperature prediction in projected mines, a mathematical model of heat transfer in the mine atmosphere has been developed, which includes an algorithm and software. The model is based on the equations of thermal balance of mine workings and the finite element method. Fig. 1. Ref. 2.

Keywords: mathematical model, comfortable working conditions, thermodynamic processes of coal mines.

УДК 531.8

Кинематическое исследование щековой дробилки с двумя подвижными щеками / Дворников Л.Т., Макаров А.В., Комилов Д.С. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 22.

Представлена кинематическая схема щековой дробилки с двумя подвижными щеками, образующими с другими звеньями пятиугольный замкнутый изменяемый контур. Описан принцип работы такой дробилки. Проведен структурный анализ схемы, рассчитана подвижность. Представлено кинематическое исследование, в котором используется графоаналитический способ определения скоростей и ускорений точек. Ил. 4. Библ. 2.

Ключевые слова: щековая дробилка, кинематика точек механизма, скорости и ускорения звеньев механизма, план скоростей и ускорений.

Kinematic study of a jaw crusher with two mobile cheeks / Dvornikov L.T., Makarov A.V., Komilov D.S. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 22.

The kinematic scheme of a jaw crusher with two movable cheeks, forming a pentagonal closed variable contour with other links, is presented. The principle of operation of such a crusher is described. The structural analysis of the scheme was carried out, the mobility was calculated. A kinematic study is presented that uses a graphoanalytical method for determining velocities and accelerations of points. Fig. 4. Ref. 2.

Keywords: jaw crusher, kinematics of mechanism points, speed and acceleration of mechanism links, plan of speeds and accelerations.

УДК 538.91+536.24+669.715

Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АЖ 2.18 с церием / Ганиев И.Н., Эсанов Н.Р., Хакимов А.Х., Ганиева Н.И. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 25.

Известно, что технический алюминий с повышенным содержанием железа, кремния и других примесей из-за низких эксплуатационных характеристик не может найти применения в промышленности. Отсюда разработка новых составов сплавов на основе такого металла является весьма актуальной задачей. Одним из перспективных составов на диаграмме алюминий – железо является эвтектика α-Al + Al_3Fe, которая, имея минимальный интервал кристаллизации, соответствует содержанию железа 2,18 % (по массе). Такой состав был принят в качестве модельного сплава, который подвергался модифицированию церием. Теплоемкость является важнейшей характеристикой веществ и по ее изменению в завуисимости от температуры можно определить тип фазового превращения, температуру Дебая, энергию образования вакансий, коэффициент электронной теплоемкости и другие свойства. В настоящей работе теплоемкость сплава АЖ 2.18 с церием определялась в режиме «охлаждения» по известной теплоемкости эталонного образца из меди. Для этого обработкой кривых скорости охлаждения образцов из сплава АЖ 2.18 с церием и эталона получены полиномы, описывающие их скорости охлаждения. Далее по экспериментально найденным величинам скоростей охлаждения эталона и образцов из сплавов, зная их массы, были установлены полиномы температурной зависимости теплоемкости сплавов и эталона, которые описываются четырехчленным уравнением. Используя интегралы от удельной теплоемкости, были установлены модели температурной зависимости изменения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса. Полученные зависимости показывают, что с ростом темпера-

туры теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшаются. При этом добавки церия увеличивают теплоемкость, энтальпию и энтропию исходного сплава АЖ 2.18 и незначительно влияют на изменение энергии Гиббса. Ил. 5. Табл. 5. Библ. 19.

Ключевые слова: сплав АЖ 2,18, церий, теплоемкость, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

Temperature dependence of heat capacity and change of thermodynamic functions of alloy AI 2.18 with cerium / Ganiev I.N., Esanov N.R., Khakimov A.Kh., Ganieva N.I. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 25.

It is known that technical aluminum with a high content of iron, silicon and other impurities, because of low performance characteristics, cannot be used in industry. Hence the development of new compositions of alloys based on such a metal is a very urgent task. One of the promising compositions on the aluminum-iron diagram is the eutectic α-Al + Al3Fe, which, with a minimum crystallization interval, corresponds to an iron content of 2.18% by weight. This composition was accepted by us as a model alloy and subjected to cerium modification. Heat capacity is the most important characteristic of substances, and from its temperature change one can determine the type of phase transformation, the Debye temperature, the energy of vacancy formation, the coefficient of electronic heat capacity, and other properties. In the present study, the heat capacity of the alloy AI2.18 with cerium was determined in the “cooling” mode according to the known heat capacity of the reference copper sample. For this purpose, the processing of the cooling rate curves of samples from the AI2.18 alloy with cerium and a standard yielded polynomials describing their cooling rates. Further on the experimentally determined values of the cooling rates of the standard and samples from alloys, knowing their masses, polynomials of the temperature dependence of the specific heat of alloys and the standard were described, which are described by the four-term equation. Using the integrals of the specific heat, models of the temperature dependence of the change in the enthalpy, entropy, and Gibbs energy were established. The obtained dependences show that as the temperature increases, the heat capacity, enthalpy and entropy of the alloys increase, and the values of Gibbs energy decrease. In addition, cerium additions increase the heat capacity, enthalpy and entropy of the original alloy AI2.18 and slightly affect the change in Gibbs energy. Fig. 5. Table 5. Ref. 19.

Keywords: alloy AI 2.18, cerium, heat capacity, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

УДК 721.021

Архитектурная графика как компонент архитектурного проектирования / Осипов Ю.К., Матехина О.В., Голодова М.А. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 31.

Рассмотрены стадии архитектурного проектирования, дано понятие об архитектурной графике и ее основных задачах. Описан учебный процесс овладения архитектурной графикой. На основании анализа этого процесса сделан вывод о том, что качественное архитектурное проектирование невозможно без глубокого и всестороннего освоения видов, методов, приемов и техники архитектурной графики, которая дает возможность полноценного представления архитектурного замысла. Библ. 2.

Ключевые слова: архитектура, архитектурное проектирование, архитектурная графика, архитектурный чертеж.

Architectural graphics as component of architectural design / Osipov Yu.K., Matekhina O.V., Golodova M.A. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 31.

Stages of architectural design are considered, the concept about architectural graphics and its main objectives is given. Educational process of mastering architectural graphics is described. On the basis of the analysis of this process the conclusion is drawn that high-quality architectural design is impossible without deep and comprehensive development of types, methods, receptions and the technician of architectural graphics which gives the chance of full representation of an architectural plan. Ref. 2.

Keywords: architecture, architectural design, architectural graphics, architectural drawing.

УДК 712.7:681.111

Искусственные компоненты садово-парковой архитектуры и мастерство включения ее в городской ландшафт / Осипов Ю.К., Никоненко Е.Ю., Черемнова А.Н. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 34.

Показана возможность применения определенного вида солнечных часов в виде зоны отдыха или

игровой площадки для детей и взрослых. Ил. 6. Табл. 2.

Ключевые слова: аналемматические часы, кадран, гномон.

Artificial components of landscape architecture and mastery of incorporating it into the urban landscape / Osipov Yu.K., Nikonenko E.Yu., Cheremnova A.N. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 34.

Artificial components of landscape architecture and skill of incorporating it into the urban landscape shows the possibility of applying certain types of sundial in the form of recreation zones or game playgrounds for children and adults. Fig. 6. Table 2.

Keywords: analemmatic sundial, cadran, gnomon.

УДК 65.012.8:621.5.001.42

Организация безопасности работ при эксплуатации аммиачных холодильных установок на примере гипермаркета «Лента» / Сященко М.Ю. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 39.

Аммиак является одним из самых эффективных хладагентов. Это единственный хладагент, запах которого становится нестерпимым задолго до того, как концентрация вещества становится опасной. Вредное воздействие аммиака на организм человека хорошо изучено и доказано, однако в настоящее время активно используется в холодильной технике. Библ. 11.

Ключевые слова: холодильный агент, аммиак, холодильные установки, физиологическое воздействие, концентрация аммиака.

Organization of work safety during operation of ammonia refrigeration units on the example of supermarket “Lenta” / Siaschenko M.Yu. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 2 (28). – P. 39.

Ammonia is one of the most efficient refrigerants. This is the only refrigerant which odor becomes intolerable long before the concentration of a substance becomes dangerous. The harmful effects of ammonia on the human body are well studied and proven, but now it is actively used in refrigeration technology. Ref 11.

Keywords: refrigerant, ammonia, refrigeration units, physiological effects, ammonia concentration.

УДК 658.311.5:159.923

Современные технологии оценки потенциала личности в эпоху цифровизации / Казанцева Г.Г., Борисова Т.Н. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 2 (28). – С. 42.

Приведены авторские положения применения современных цифровых технологий для оценки потенциала личности. Разработана и апробирована компьютерная программа, выявляющая потенциальные способности, характерные для лиц инженерных групп профессий. Разработанная и апробированная компьютерная программа используется для тестирования абитуриентов Сибирского государственного индустриального университета в рамках профориентационной работы. Библ. 7.

Ключевые слова: личностный потенциал, технологии оценки, информационно-интеллектуальные системы, геймификация, управление персоналом, профориентация.

Modern technologies of individual potential assessment in the era of digitization / Kazantseva G.G., Borisova T.N. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – № 2 (28). – P. 42.

There are author’s provisions in the article of modern digital technologies using to assess the personnel potential. There was developed and tested computer program that identifies potential abilities in the groups of engineering professions. The developed program is used to test students of the Siberian State Industrial University (SibSIU) in the framework of career guidance. Ref. 7.

Keywords: personal potential, assessment technologies, information-intelligent systems, gamification, personnel management, career guidance.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В журнале «Вестник Сибирского государственного индустриального университета» публикуются оригинальные, ранее не публиковавшиеся статьи, содержащие наиболее существенные результаты научно-технических экспериментальных исследований, а также итоги работ проблемного характера по следующим направлениям:

Металлургия и материаловедение.
Горное дело и геотехнологии.
Машиностроение и транспорт.
Энергетика и электротехнологии.
Химия и химические технологии.
Архитектура и строительство.
Автоматизация и информационные технологии.
Экология и рациональное природопользование.
Экономика и управление.
Образование и педагогика.
Гуманитарные науки.
Социальные науки.
Отклики, рецензии, биографии.

К рукописи следует приложить рекомендацию соответствующей кафедры высшего учебного заведения и экспертное заключение.

Кроме того, необходимо разрешение ректора или проректора высшего учебного заведения (для неучебного предприятия – руководителя или его заместителя) на опубликование результатов работ, выполненных в данном вузе (предприятии).

В редакцию следует направлять два экземпляра текста статьи на бумажном носителе, а также на электронном. Для ускорения процесса рецензирования статей электронный вариант статьи и сканкопии сопроводительных документов рекомендуется направлять по электронной почте на e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru.

Таблицы, библиографический список и подрисуночный текст следует представлять на отдельных страницах. В рукописи необходимо сделать ссылки на таблицы, рисунки и литературные источники, приведенные в статье.

Иллюстрации нужно представлять отдельно от текста на носителе информации. Пояснительные надписи в иллюстрациях должны быть выполнены шрифтом Times New Roman Italic (греческие буквы – шрифтом Symbol Regular) размером 9. Тоновые изображения, размер которых не должен превышать 75x75 мм (фотографии и другие изображения, содержащие оттенки черного цвета), следует направлять в виде растровых графических файлов (форматов *.bmp, *.jpg, *.gif,*.tif) в цветовой шкале «оттенки серого» с разрешением не менее 300 dpi (точек на дюйм). Штриховые рисунки (графики, блок-схемы и т.д.) следует представлять в «черно-белой» шкале с разрешением не менее 600 dpi. На графиках не нужно наносить линии сетки, а экспериментальные или расчетные точки (маркеры) без крайней необходимости не «заливать» черным. Штриховые рисунки, созданные при помощи распространенных программ MS Excel, MS Visio и др., следует представлять в формате исходного приложения (*.xls, *.vsd и др.). На обратной стороне рисунка должны стоять порядковый номер, соответствующий номеру рисунка в тексте, фамилии авторов, название статьи.

Формулы вписываются четко. Шрифтовое оформление физических величин следующее: латинские буквы в светлом курсивном начертании, русские и греческие – в светлом прямом. Числа и единицы измерения – в светлом прямом начертании. Особое внимание следует обратить на правильное изображение индексов и показателей степеней. Если формулы набираются с помощью редакторов формул Equatn или Math Type, следить, чтобы масштаб формул был 100 %. Масштаб устанавливается в диалоговом окне «Формат объекта». В редакторе формул для латинских и греческих букв использовать стиль «Математический» («Math»), для русских – стиль «Текст» («Text»). Размер задается стилем «Обычный» («Full»), для степеней и индексов – «Крупный индекс / Мелкий индекс» («Subscript / Sub-Subscript»). Недопустимо использовать стиль «Другой» («Other»).

Необходимо избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи. Объем статьи не должен превышать 8 – 10 страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, и трех рисунков.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором (при наличии нескольких авторов, число которых не должно превышать пяти, – всеми авторами); в конце рукописи указывают полное название высшего учебного заведения (предприятия) и кафедры, дату отправки рукописи, а также полные сведения о каждом авторе (Ф.И.О., место работы, должность, ученая степень, звание, служебный и домашний адреса с почтовыми индексами, телефон и E-mail). Необходимо указать с кем вести переписку.

Цитируемую в статье литературу следует давать не в виде подстрочных сносок, а общим списком в порядке упоминания в статье с обозначением ссылки в тексте порядковой цифрой.

Перечень литературных источников рекомендуется не менее 10. Библиографический список оформляют в соответствии с ГОСТ 7.2 – 2003: а) для книг – фамилии и инициалы авторов, полное название книги, номер тома, место издания, издательство и год издания, общее количество страниц; б) для журнальных статей – фамилии и инициалы авторов, полное название журнала, название статьи, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборников – фамилии и инициалы авторов, название сборника, название статьи, место издания, издательство, год издания, кому принадлежит, номер или выпуск, страницы, занятые статьей.

Иностранные фамилии и термины следует давать в тексте в русской транскрипции, в библио-

графическом списке фамилии авторов, полное название книг и журналов приводят в оригинальной транскрипции.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

К статье должны быть приложены аннотация в двух экземплярах объемом не менее 1/2 страницы текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, а также ключевые слова.

В конце статьи необходимо привести на английском языке: название статьи, ФИО авторов, место их работы, аннотацию и ключевые слова.

Краткие сообщения должны иметь самостоятельное научное значение и характеризоваться новизной и оригинальностью. Они предназначены для публикации в основном аспирантских работ. Объем кратких сообщений не должен превышать двух страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, включая таблицы и библиографический список. Под заголовком в скобках следует указать, что это краткое сообщение. Допускается включение в краткое сообщение одного несложного рисунка, в этом случае текст должен быть уменьшен. Приводить в одном сообщении одновременно таблицу и рисунок не рекомендуется.

Количество авторов в кратком сообщении должно быть не более трех. Требования к оформлению рукописей и необходимой документации те же, что к оформлению статей.

Корректуры статей авторам, как правило, не посылают.

В случае возвращения статьи автору для исправления (или при сокращении) датой представления считается день получения окончательного текста.

Статьи, поступающие в редакцию, проходят гласную рецензию.

Статьи журнала индексируются в РИНЦ и представлены на сайте СибГИУ (www.sibsiu.ru) в разделе Наука и инновации (Периодические научные издания (Журнал «Вестник СибГИУ»).

Над номером работали

Темлянцев М.В., *главный редактор*

Новичихин А.В., *ответственный секретарь*

Бащенко Л.П., *ведущий редактор*

Запольская Е.М., *ведущий редактор*

Олендаренко Н.П., *ведущий редактор*

Темлянцева Е.Н., *верстка*

Олендаренко Е.В., *менеджер по работе с клиентами*