

Научный журнал

ВЕСТНИК

Сибирского
государственного
индустриального
университета

№ 4 (6), 2013

Основан в 2012 году
Выходит 4 раза в год

Редакционная коллегия

Е.В. Протопопов
(главный редактор)

М.В. Темлянец
(зам. главного редактора)

С.В. Коновалов
(отв. секретарь)

П.П. Баранов
Е.П. Волынкина
Т.П. Воскресенская
Г.В. Галевский
В.Ф. Горюшкин
В.Е. Громов
Л.Т. Дворников
С.М. Кулаков
С.И. Павленко
Т.В. Петрова
Л.Б. Подгорных
Е.В. Пугачев
В.Ф. Соколова
А.К. Соловьев
А.В. Феоктистов
В.Н. Фрянов
В.П. Цымбал

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

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Протопопов Е.В., Корвякова М.Н., Чернятевич А.Г., Фейлер С.В.** Разработка и оптимизация конструкции головок четырех-сопловых кислородных фурм для большегрузных конвертеров, работающих в условиях передувания.....3
- Уманский А.А., Кадыков В.Н., Мартыанов Ю.А.** Закономерности формирования напряженно-деформированного состояния металла при сортовой прокатке.....8
- Иванов Ю.Ф., Абзаев Ю.А., Толкачев О.С., Филимонов С.Ю., Коновалов С.В.** Порошки стабилизированного иттрием диоксида циркония: анализ фазового и элементного составов, дефектной субструктуры.....11
- Шабунин М.Е., Шабунина Е.В., Удодов В.Н.** Неприменимость гипотез скейлинга к квазиодномерным магнитным материалам при низких температурах.....15
- Олесюк О.В., Романов Д.А., Будовских Е.А., Коновалов С.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Тересов А.Д.** Структура покрытий, сформированных методом электровзрывного напыления, после электронно-пучковой обработки.....16
- Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Роор А.В.** Влияние углеродфтор-содержащей флюс-добавки на уровень загрязненности металла сварного шва оксидными неметаллическими включениями.....20

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- Поздеев И.А.** Анализ газодинамических процессов и методов управления ими в зоне влияния очистных работ.....25
- Никитина А.М.** Методика оценки процессов деформирования неоднородного углепородного массива при отработке угольных месторождений.....30

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- Смирнов А.Н., Абабков Н.В., Фольмер С.В.** Новая методология оценки работоспособности и ресурса основного металла и сварных соединений потенциально-опасного оборудования ТЭК.....32
- Багрянцев В.И., Бровченко С.А., Подольский А.П., Рыбушкин А.А., Темлянец М.В., Казимиров С.А.** Разработка агрегата и технологии для эффективного сжигания дисперсных отходов углеобогащения во вращающемся потоке воздуха.....36

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Запольский А.С.** Повышение сейсмостойкости при капитальном ремонте многоквартирных жилых домов с несущими кирпичными стенами.....42

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Быстров В.А., Вуцан Е.С.** Анализ реальных инвестиций в программе развития ОАО «НКМК».....45

ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА

- Атрошкина А.А.** Когнитивизм и технологичность как факторы формирования информационно-образовательной среды.....50
Коваленко В.В., Коновалов С.В. Новый подход к изучению явления внешнего фотоэффекта в лабораторных условиях.....53

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

- Сафонова Е.П.** Отношение населения России к власти: социологический опрос.....56
Рефераты.....60
К сведению авторов.....67

Подписано в печать
10.12.2013 г.

Формат бумаги 60×88 1/8.

Бумага писчая.

Печать офсетная.

Усл.печ.л. 3,8.

Уч.-изд.л. 4,2.

Тираж 300 экз.

Заказ № 55.

Отпечатано в
Издательском центре
Сибирского государственного
индустриального университета

Е.В. Протопопов¹, М.Н. Корвякова¹, А.Г. Чернятевич², С.В. Фейлер¹

¹Сибирский государственный индустриальный университет

²Национальная металлургическая академия Украины

РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ГОЛОВОК ЧЕТЫРЕХСОПЛОВЫХ КИСЛОРОДНЫХ ФУРМ ДЛЯ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ КОНВЕРТЕРОВ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕДУВА

Многолетняя практика эксплуатации конвертеров с верхней продувкой [1] убедительно показала их достоинства, в том числе высокую производительность, возможность переработки чугунов различного химического состава, относительную простоту оборудования, достаточно высокую стойкость футеровки, возможность стабильного получения низкоуглеродистого сортамента металла.

В настоящее время практически все кислородно-конвертерные агрегаты работают с применением многоструйных фурм с соплами Лаваля, позволяющими достигать сверхзвуковых скоростей истечения, максимальной кинетической энергии струи кислорода, что обеспечивает глубокое проникновение дутья в расплав.

Количество сопел для многоструйной фурмы, как правило, выбирается в зависимости от садки конвертера, удельной интенсивности продувки и расстояния от уровня спокойной металлической ванны до горловины конвертера. В 70 гг. XX в. для конвертеров емкостью 300 – 400 т при интенсивности продувки 5 – 7 м³/(т·мин) рекомендовалось использовать фурмы с 9 – 12 соплами [2, 3]. Авторы работы [4] считают, что число сопел в фурмах большегрузных конвертеров не должно быть меньше семи. В длительных производственных исследованиях [2 – 6] на агрегатах различной емкости были опробованы фурмы с 8 – 13 соплами; получены хорошие технологические результаты, но фурмы показали низкую стойкость наконечников из-за сложности их конструкции и системы охлаждения последних, вследствие чего они и не были внедрены в постоянную эксплуатацию.

По общепринятому мнению [7] повышение количества сопел (обычно более шести) способствует увеличению степени усвоения кислорода, улучшению гидродинамической обстановки в ванне и ускорению шлакообразования, но вместе с тем приводит к переокислению ванны, выбросам, снижению выхода жид-

кой стали, особенно при производстве низкоуглеродистого полупродукта ($[C] \leq 0,05 \%$). При незначительном количестве сопел (обычно до пяти) вследствие увеличения «жесткости» дутья, как правило, ухудшаются условия шлакообразования, что приводит к интенсивному выносу металла из реакционной зоны, увеличению заметалливания технологического оборудования и снижению выхода жидкого металла.

Имеется положительный опыт эксплуатации четырехсопловых фурм в 350-т агрегатах кислородно-конвертерного цеха 2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», работающих с расходом кислорода на продувку ванны 700 – 1200 м³/мин. В таких условиях задачи выполнения производственной программы и обеспечения значительного объема производства низкоуглеродистого металла определяют необходимость оптимизации конструкции кислородных фурм, оптимизации дутьевого и шлакового режимов плавки с целью снижения окисленности металла и шлака при глубоком передувании ванны.

В соответствии с принятой технологией конструкция газоотводящих трактов конвертеров емкостью 350 т ККЦ 2 предусматривает отвод конвертерных газов с частичным их дожиганием в тракте при постоянной по ходу продувки производительности дымососа, т.е. без регулирования давления в камине. В реальных условиях производства в силу складывающихся производственных обстоятельств (колебания давления в кислородопроводе, необходимости подавления интенсивных выбросов металлошлаковой эмульсии из агрегата, проведения додувок с целью корректировки температуры и конечного химического состава полупродукта и т.д.) необходимо обеспечивать режимы продувки в широком (700 – 1200 м³/мин) диапазоне изменения расходов кислорода, и соответственно, режимы интенсивной продувки без дожигания, с частичным или полным дожиганием отходящих газов при стабильной работе

котла-утилизатора и газоочистки. В таких условиях обеспечить расчетный режим истечения газовых струй из сопел головки фурмы практически невозможно.

Как известно [8], при расчетном режиме истечения газа из сопла статическое давление на срезе сопла ($P_{\text{вых}}$) должно быть равно давлению окружающей среды ($P_{\text{окр}}$) на уровне сопла, в которую происходит истечение. В этом случае степень нерасчетности сопла $Z = P_{\text{вых}} / P_{\text{окр}} = 1$. Благодаря тому, что при расчетном режиме на срезе сопла отсутствует перепад давлений ($P_{\text{вых}} - P_{\text{окр}} = 0$), весь статический напор газового потока после критического сечения сопла переходит в скоростной, обеспечивая заданную дальность струй и динамическое давление потока на расплав. В связи с этим расчетному режиму соответствует строго определенная величина степени расширения сопла при заданном давлении кислорода перед соплом.

При давлении кислородной струи на срезе сопла больше или меньше давления окружающей среды имеют место случаи нерасчетного режима истечения газового потока и работы дутьевого сопла. Как известно [9], сопло работает в режиме недорасширения, если давление газа на срезе сопла превышает давление окружающей среды (т.е. $P_{\text{вых}} > P_{\text{окр}}$ и $Z > 1$). В этом случае расширение газа до давления окружающей среды продолжается за пределами сопла с образованием скачков уплотнения и разрежения в газовом потоке, в связи с чем происходят дополнительные потери энергии струи.

При небольших значениях разности давления ($P_{\text{вых}} - P_{\text{окр}}$) потери скорости из-за недорасширения компенсируют отсутствием потерь на трение на концевом участке сопла, что позволяет значительно уменьшить длину за критической части сопла.

Если же давление газа на срезе сопла меньше давления окружающей среды (т.е. $P_{\text{вых}} < P_{\text{окр}}$ и $Z < 1$), то сопло работает с перерасширением. При таком режиме истечения пограничный слой газовой струи отрывается от стенок и образует внутри сопла косой скачок уплотнений и зоны разрежения. Последнее обстоятельство сопровождается подсосом в сопло высокотемпературных газов с каплями металла и шлака, находящихся в рабочем пространстве агрегата, что приводит к быстрому разгару кромок сопла, искажению эпюры скоростей в сечении струи и прогару головки фурмы. Учитывая износ сопла и потери кинетической энергии истекающей струи, работу

дутьевого сопла в режиме перерасширения следует считать недопустимой.

В этой связи для повышения стабильности газового течения, характеристик параметров кислородных струй и предотвращения изменения геометрии дутьевого сопла вследствие разгара рекомендуется [9]:

- проектировать дутьевые сопла в соответствии с расчетной геометрией, удовлетворяющей фактическому состоянию кислородного потока перед соплом и заданному расходу кислорода;
- с целью предотвращения эрозионного износа выходного участка сопла в процессе эксплуатации проектировать укороченные дутьевые сопла, работающие в режиме недорасширения, с приемлемой степенью нерасчетности ($Z = 1,05 \div 1,10$).

В рассматриваемом в настоящей работе случае повышения стабильности характеристик кислородных струй, истекающих из четырехсопловой головки фурмы, можно достичь в результате:

- соответствия критического диаметра сопел расчетному значению с условием обеспечения верхнего предела расхода кислорода на продувку ванны 1200 м³/мин;
- соответствия выходного диаметра укороченных сопел Лаваля расчетному значению с условием продувки на нижнем пределе расхода кислорода 700 м³/мин;
- снабжения укороченного сопла Лаваля цилиндрическим насадком с условием обеспечения общей длины составного сопла в закритической части (расширяющийся и цилиндрический участки), равной длине расчетного сопла Лаваля при расходе кислорода 1200 м³/мин через четырехсопловую головку (рис. 1).

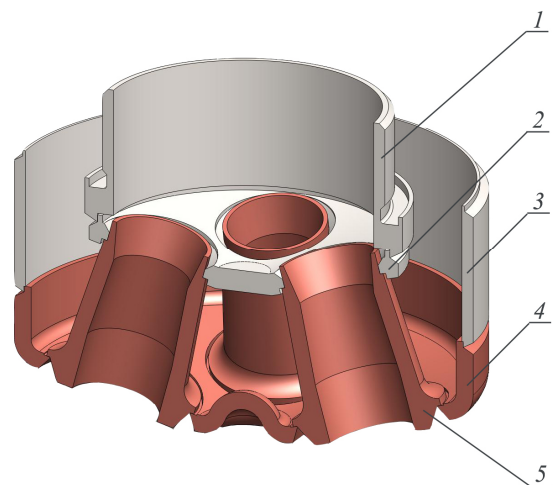


Рис. 1. Конструкция четырехсопловой головки кислородной фурмы с цилиндрическим насадком:
1 – штуцер; 2 – фланец; 3 – вставка; 4 – чаша; 5 – сопло

В результате обеспечивается работа составных сопел фурмы без возможного эрозионного износа закритической части сопла в диапазоне расхода кислорода 1200 – 700 м³/мин с приемлемой степенью нерасчетности. При этом цилиндрический насадок позволяет стабилизировать сверхзвуковой поток кислорода, увеличить длину начального и переходного участков струи (т.е. дальность последней [10]), что важно с точки зрения организации «жесткой» продувки конвертерной ванны на завершающем этапе операции с целью снижения окисленности металла и шлака.

Для условий продувки в 350-т агрегатах ККЦ 2 предварительно выполнены расчеты и рабочее проектирование двух вариантов головок четырехсоловых кислородных фурм (рис. 2) при использовании измененного профиля закритической части сопла.

Поэтапные расчеты параметров газовых струй и профиля предлагаемых сопел включают в себя определение:

– максимального давления кислорода $P_{O_2}^{\max}$ перед соплами при максимальном $Q_{O_2}^{\max}$ его расходе 1200 м³/мин

$$P_{O_2}^{\max} = \frac{Q_{O_2}^{\max}}{1,06F_{кр}} = \frac{1200}{1,06 \cdot 0,00916} = 123589,02 \text{ кг/м}^2 = 1,23 \text{ МПа};$$

– минимального давления кислорода $P_{O_2}^{\min}$ перед соплами при минимальном его расходе $Q_{O_2}^{\min}$ 700 м³/мин

$$P_{O_2}^{\min} = \frac{Q_{O_2}^{\min}}{1,06F_{кр}} = \frac{700}{1,06 \cdot 0,004} = 72093,6 \text{ кг/м}^2 = 0,72 \text{ МПа};$$

– плотности кислорода перед соплами

$$\rho_{O_2}^{\text{вх}} = \rho_{O_2} \frac{T_0 P_{O_2}^{\max}}{P_0 T_{O_2}^{\text{вх}}} = 3903,9 \frac{P_{O_2}^{\max}}{T_{O_2}^{\text{вх}}} = 3903,9 \frac{1,23}{288} = 16,67 \text{ кг/м}^3;$$

– критической скорости истечения кислорода

$$W_{кр} = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa+1} RT_{O_2}^{\text{вх}}} = 17,4 \sqrt{T_{O_2}^{\text{вх}}} = 17,4 \sqrt{288} = 295,3 \text{ м/с};$$

– критерия скорости истечения газа (кислорода) при $P_{O_2}^{\max}$

$$\lambda_{\max} = \sqrt{\frac{\kappa+1}{\kappa-1} \left[1 - \left(\frac{0,14z}{P_{O_2}^{\max}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} = 2,45 \sqrt{1 - \left(\frac{0,14 \cdot 1,07}{1,23} \right)^{0,286}} = 1,65;$$

– максимальной скорости истечения кислорода на срезе сопла

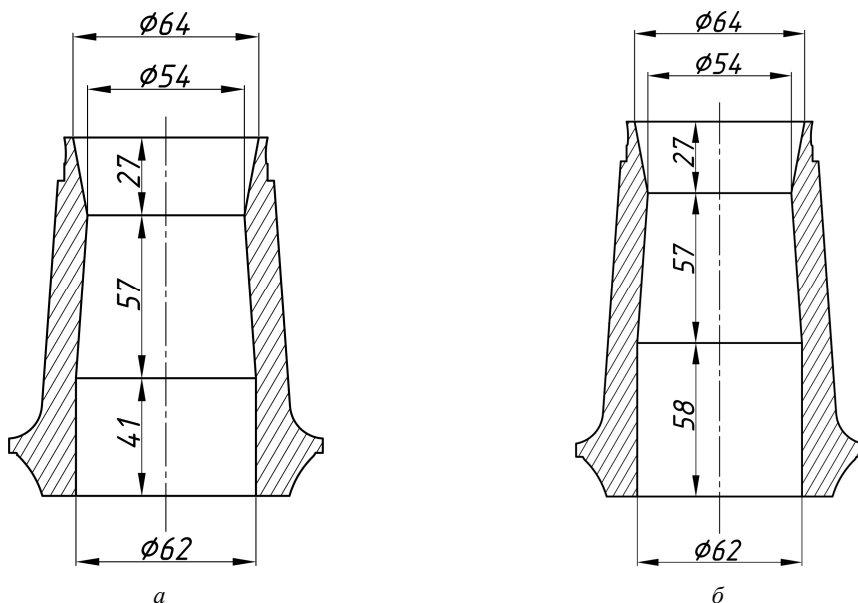


Рис. 2. Конструкция сопла Лавая с укороченным (а) и удлиненным (б) цилиндрическим насадком

$$W_{\text{вых}}^{\text{max}} = W_{\text{кр}} \lambda_{\text{max}} = 295,3 \cdot 1,65 = 487,2 \text{ м/с};$$

– плотности кислорода на срезе сопла

$$\begin{aligned} \rho_{\text{O}_2}^{\text{вых}} &= \rho_{\text{O}_2}^{\text{вх}} (1 - 0,167 \lambda^2)^{2,5} = \\ &= 16,67 (1 - 0,167 \cdot 1,65^2)^{2,5} = 3,66 \text{ кг/м}^3; \end{aligned}$$

– плотности кислорода в критическом сечении сопла Лаваля

$$\begin{aligned} \rho_{\text{O}_2}^{\text{кр}} &= \rho_{\text{O}_2}^{\text{вх}} \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{1}{\kappa - 1}} = 0,634 \rho_{\text{O}_2}^{\text{вх}} = \\ &= 0,634 \cdot 16,67 = 10,57 \text{ кг/м}^3; \end{aligned}$$

– площади критического сечения сопла Лаваля в четырехсопловой головке

$$\begin{aligned} F_{\text{кр}} &= \frac{\rho_{\text{O}_2} Q_{\text{O}_2}^{\text{max}}}{60 W_{\text{кр}} \rho_{\text{O}_2}^{\text{кр}} n} = \frac{1,43 \cdot 1200}{60 \cdot 295,3 \cdot 10,57 \cdot 4} = \\ &= 0,00229 \text{ м}^2; \end{aligned}$$

– диаметра критического сечения сопла Лаваля в четырехсопловой головке

$$d_{\text{кр}} = 2 \sqrt{\frac{F_{\text{кр}}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,00229}{3,14}} = 0,054 \text{ м};$$

– площади выходного сечения расчетного сопла Лаваля

$$\begin{aligned} F_{\text{вых}} &= F_{\text{кр}} \frac{1}{\lambda_{\text{min}}} \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{1}{\kappa - 1}} = \\ &= 0,00229 \frac{1}{1,65} \left(\frac{0,833}{1 - 0,167 \cdot 1,65^2} \right)^{2,5} = 0,00401 \text{ м}^2; \end{aligned}$$

– диаметра выходного сечения расчетного сопла Лаваля

$$d_{\text{вых}} = 2 \sqrt{\frac{F_{\text{вых}}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,00401}{3,14}} = 0,071 \text{ м};$$

– длины закритической части расчетного сопла Лаваля

$$l_3 = \frac{d_{\text{вых}} - d_{\text{кр}}}{2 \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right)} = \frac{0,071 - 0,054}{2 \operatorname{tg} \left(\frac{8}{2} \right)} = 0,115 \text{ м};$$

– длины докритической части расчетного сопла Лаваля

$$l_d = \frac{d_{\text{кр}}}{2} = \frac{0,054}{2} = 0,027 \text{ м};$$

– диаметра входной части расчетного сопла Лаваля

$$\begin{aligned} d_{\text{вх}} &= d_{\text{кр}} + 2r_{\text{к}} \cos \frac{\beta}{2} - r_{\text{к}} \sqrt{3 + 4 \sin^2 \frac{\beta}{2} - 4 \sin^2 \frac{\beta}{2}} = \\ &= 0,054 + 2 \cdot 0,054 \cos \frac{8}{2} - \\ &- 0,054 \sqrt{3 + 4 \sin^2 \frac{8}{2} - 4 \sin^2 \frac{8}{2}} = 0,065 \text{ м}, \end{aligned}$$

где $F_{\text{кр}} = \frac{n \pi d_{\text{кр}}^2}{4} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 0,054^2}{4} = 0,00916 \text{ м}^2$ –

общая площадь критических сечений сопел Лаваля четырехсопловой головки фурмы; n – количество сопел; $d_{\text{кр}}$ – диаметр критического сечения сопла; ρ_{O_2} – плотность кислорода при нормальных условиях ($1,43 \text{ кг/м}^3$); P_0 – атмосферное давление ($0,1 \text{ МПа}$); $T_0 = 273 \text{ К}$; $T_{\text{O}_2}^{\text{вх}}$ – температура кислорода перед соплами (288 К); $\kappa = 1,4$ – показатель адиабаты; $R = 8319/\mu$ – газовая постоянная, $\text{Н} \cdot \text{м}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; μ – молекулярная масса газа (для кислорода 32 кг); $z = 1,07$ – степень нерасчетности сопла; $\beta = 8^\circ$ – угол раскрытия сопла; $r_{\text{к}}$ – радиус скругления сопла Лаваля в докритической части (равный $d_{\text{кр}}$).

По конструктивным соображениям $d_{\text{вх}}$ принимается равным $d_{\text{кр}}$, при этом общая длина расчетного сопла Лаваля составит

$$l_0 = l_3 + l_d = 0,115 + 0,027 = 0,142 \text{ м}.$$

Критерий скорости истечения кислорода при $P_{\text{O}_2}^{\text{min}}$ составляет

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{min}} &= \sqrt{\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1} \left[1 - \left(\frac{0,14z}{P_{\text{O}_2}^{\text{min}}} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]} = \\ &= 2,45 \sqrt{1 - \left(\frac{0,14 \cdot 1,07}{0,72} \right)^{0,286}} = 1,47. \end{aligned}$$

Дальнейший расчет укороченного сопла Лаваля ведется по методике, предусматривающей определение размеров критического диаметра ($d_{\text{кр}}$) сопла по максимальному давлению кисло-

рода $P_{O_2}^{\max}$, а выходного диаметра ($d_{\text{вых}}$) сопла по величине $P_{O_2}^{\min}$, чтобы избежать отрыва струи и образования вихревых зон у стенок сопла и тем самым предотвратить износ кромок последнего.

В этом случае площадь выходного сечения укороченного сопла Лавалья будет определяться по выражению

$$F_{\text{вых}} = F_{\text{кр}} \frac{1}{\lambda_{\min}} \left(\frac{\frac{2}{\kappa+1}}{1 - \frac{\kappa-1}{\kappa+1} \lambda_{\min}^2} \right)^{\frac{1}{\kappa-1}} =$$

$$= 0,00229 \frac{1}{1,47} \left(\frac{0,833}{1 - 0,167 \cdot 1,47^2} \right)^{2,5} = 0,003 \text{ м}^2.$$

Диаметр выходного сечения укороченного сопла Лавалья составит

$$d_{\text{вых}} = 2 \sqrt{\frac{F_{\text{вых}}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,003}{3,14}} = 0,062 \text{ м}.$$

Длина закритической части укороченного сопла Лавалья составит

$$l_3 = \frac{d_{\text{вых}} - d_{\text{кр}}}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} = \frac{0,062 - 0,054}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{8}{2}\right)} = 0,057 \text{ м}.$$

Общая длина сопла Лавалья с цилиндрическим насадком в закритической части (142 мм) включает укороченное сопло Лавалья ($d_{\text{вх}} = 64$ мм, $d_{\text{кр}} = 54$ мм, $d_{\text{вых}} = 62$ мм, $l_{\text{д}} = 27$ мм, $l_3 = 57$ мм), рассчитанное на диапазон расхода кислорода 1200 – 700 м³/мин, и цилиндрический насадок длиной 58 мм.

С использованием разработанных конструкций дутьевых устройств в промышленных условиях проведены опытные кампании, позволяющие улучшить технико-экономические и качественные показатели плавков при производстве низкоуглеродистого металла.

Выводы. Разработана методика расчета параметров газовых струй и профиля сопел кислородных фурм для условий выплавки низкоуглеродистого металла в 350-т конвертере ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». Выполнены расчеты и рабочее проектирование двух вариантов головок четырехсопловых кислородных фурм при использовании измененного профиля закритической части сопла. Разработаны конструктивные решения, позволяющие обеспечить работу составных сопел фурмы безэрозионного износа

закритической части сопла с приемлемой степенью нерасчетности. Предложенные конструкции сопел кислородных фурм позволяют улучшить технико-экономические и качественные показатели плавков при производстве низкоуглеродистого металла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Б а п т и з м а н с к и й В.И. Теория кислородно-конвертерного процесса. – М.: Металлургия, 1975. – 375 с.
2. Б а п т и з м а н с к и й В.И., Щ е д р и н Г.А. Расчет кислородно-конвертерных фурм // Сталь. 1973. № 1. С. 20 – 23.
3. Ф р и д л ь Э., Ш м и д т Г. Размеры кислородных конвертеров // Черные металлы. 1972. № 15. С. 40 – 45.
4. М и х а й л о в с к и й В.Н. Кислородно-конвертерные цеи ФРГ // Бюллетень «Черметинформация». 1973. Серия 6. Информация 4. С. 1 – 44.
5. К о т т е д ж Д.П., Э к о л с Г.Л., Ш у п Д., Э н л е р К. Современные разработки многосопловых головок фурм для конвертеров ЛД и взаимосвязь между конструкцией головки фурмы и металлургическими результатами // Бюллетень НТИ «Черная металлургия». 1993. Вып. 1 (1125). С. 21 – 25.
6. T a b a t a Y., M a r s h R.C., K e l l y P. et al. – In book: Improvement of BOP Steel Refining Blowing Control using Wide Angle Lance Nozzles // Steelmaking Conference Proceedings. 1998. P. 451 – 457.
7. М е р к е р Э.Э., А к б и е в М.А., Я в о й с к и й В.И. и др. Продувка 250-т конвертерной ванны через восьмисопловую кислородную фурму // Изв. вуз. Черная металлургия. 1977. № 3. С. 39 – 42.
8. Я в о й с к и й В.И., Д о р о ф е е в Г.А., П о в х И.Л. Теория продувки сталеплавильной ванны. – М.: Металлургия, 1974. – 495 с.
9. Г о р б и к А.С., Б о б о ш к о В.С., Г р е в ц е в Л.М., С т р е т и н е р Е.М. Проектирование дутьевых сопел кислородных фурм. – В кн.: сб. науч. тр. ин-та «ВНИПИЧЕРМЕТЭНЕРГООЧИСТКА». – М.: Металлургия, 1971. С. 246 – 253.
10. В у р ц б а х Р. Характеристика свободных струй, истекающих из дутьевых сопел // Черные металлы. 1967. № 10. С. 12 – 20.

© 2013 г. Е.В. Протопопов,
М.Н. Корвякова, А.Г. Чернятевич,
С.В. Фейлер
Поступила 22 мая 2013 г.

УДК 621.771

А.А. Уманский, В.Н. Кадыков, Ю.А. Мартьянов

Сибирский государственный индустриальный университет

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ СОРТОВОЙ ПРОКАТКЕ

Одной из наиболее трудных задач в теории прокатки является определение напряженно-деформированного состояния металла при деформации в калибрах, что объясняется сложностью математического аппарата, необходимого для описания процессов деформации металла в калибрах с учетом всего многообразия действующих факторов. Поскольку показатели напряженно-деформированного состояния металла характеризуют склонность деформируемых заготовок к образованию и развитию дефектов, то расчет таких показателей важен при проектировании калибровок валков и режимов прокатки.

Решению указанной проблемы в значительной степени способствуют появившиеся в последние годы специализированные программные комплексы, среди которых одним из наиболее известных является DEFORM 3D. В основе программного комплекса DEFORM 3D – применение метода конечных элементов, суть которого заключается в разбиении анализируемой области на конечное количество подобластей (элементов). Для каждой из подобластей выбирается вид аппроксимирующей функции, при этом вне своего элемента аппроксимирующая функция равна нулю. Значения функций на границах элементов (узлах) являются решением задачи и заранее неизвестны. Так как каждый из элементов связан с ограниченным количеством соседних, то получаемая при решении система линейных алгебраических уравнений имеет разреженный вид.

Одной из основных задач при использовании конечно-элементного анализа является построение сетки конечного элемента. Автоматический сеточный генератор DEFORM 3D строит оптимизированную конечно-элементную сетку, сгущая ее в наиболее критичных зонах, что повышает наглядность представления информации о напряженно-деформированном состоянии металла при прокатке.

При использовании программного комплекса DEFORM 3D показателем, характеризующим степень использования запаса пластичности металла после деформации, и соответственно, вероятность образования и разви-

тия поверхностных дефектов, является критерий Кокрофта-Лэтэма.

Степень использования запаса пластичности определяется из выражения [1]

$$\psi = \frac{\Lambda}{\Lambda_p}$$

где Λ – накопленная степень деформации сдвига; Λ_p – предельное значение степени деформации сдвига к моменту разрушения.

Критерий Кокрофта-Лэтэма определяется по формуле

$$D = \int_0^{\bar{\varepsilon}} \frac{\sigma^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\varepsilon},$$

где $\bar{\varepsilon}$ – накопленная пластическая деформация; $d\bar{\varepsilon}$ – приращение накопленной деформации; σ^* – максимальное главное растягивающее напряжение; $\bar{\sigma}$ – интенсивность напряжений.

Анализ литературных данных [2 – 5] показывает, что существует опыт успешного использования программного комплекса DEFORM 3D для моделирования прокатки в калибрах различной формы.

В настоящей работе с целью определения закономерностей распределения степени использования запаса пластичности по сечению раската при различных условиях деформации проведено моделирование прокатки заготовок в сортовых калибрах. При выборе формы поперечного сечения заготовок и формы калибров исходили из возможности анализа различных вариантов: с подобием или без подобия формы исходного подката и калибров. Размеры калибров выбирали, исходя из степени заполнения калибров 97 % при прокатке со степенью деформации 25 %.

Моделирование проведено для низкоуглеродистой стали с содержанием углерода 0,09 %; температуру прокатки принимали 1150 °С, ко-

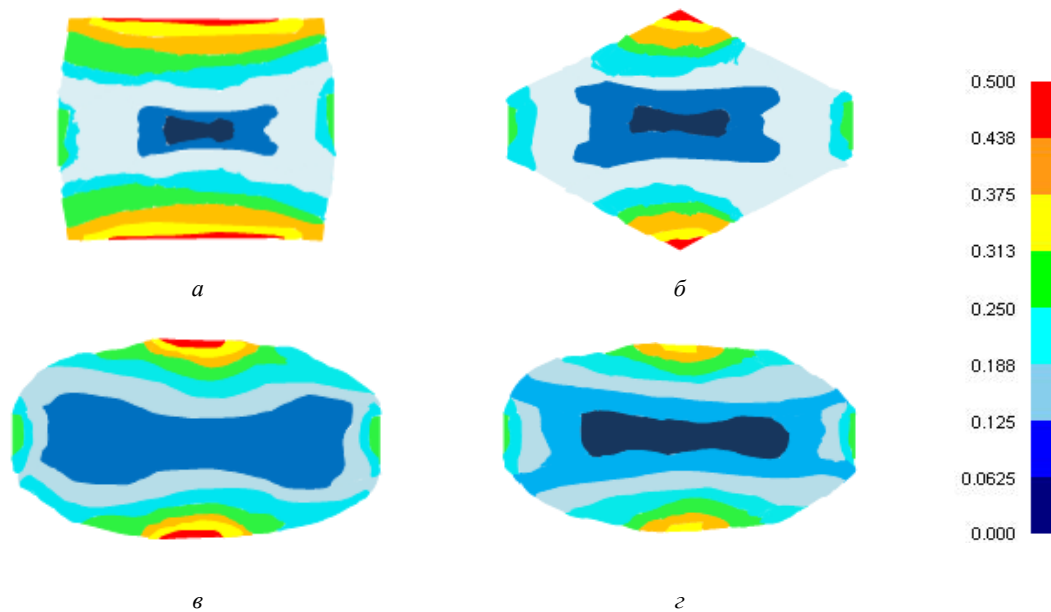


Рис. 1. Распределение значений критерия Кокрофта-Лэтэма по сечению раската в зависимости от формы калибра: а, б и в – при прокатке квадратной заготовки в ящичном, ромбическом и овальном калибрах; г – при прокатке овального подката в овальном калибре

эффицент трения 0,2. Использовали вязкоупругопластическую модель Джонсона-Кука, в которой предел текучести определяется по формуле

$$\sigma_T = \left(\sigma_{T_0} + A \varepsilon^n \right) \left(1 + C \ln \left(\frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \right) \left(1 + \left(\frac{T - T_0}{T_{пл} - T_0} \right)^m \right),$$

где σ_{T_0} – предел текучести при комнатной температуре; A – чувствительность к деформации; ε – эффективная пластическая деформация; n – параметр, характеризующий влияние деформационного упрочнения; C – чувствительность к скорости деформации; $\dot{\varepsilon}$ – скорость изменения эффективной пластической деформации; $\dot{\varepsilon}_0$ – референсная скорость деформации; T – температура заготовки; T_0 – референсная температура; $T_{пл}$ – температура плавления металла; m – параметр, описывающий температурное разупрочнение.

Значения параметров модели для рассматриваемой стали составили: $\sigma_{T_0} = 50,785$ МПа, $A = 39,903$, $C = 0,022$, $D = 1$, $n = 0,36$, $m = 1$.

Получена картина распределения критерия Кокрофта-Лэтэма по сечению раската (рис. 1); наибольшее использование запаса пластичности наблюдается в поверхностных слоях в центральной части заготовки. Этот вывод можно распространить на все моделируемые варианты прокатки.

Что касается влияния степени подобия формы исходного подката и формы калибра на степень использования запаса пластичности, то можно отметить, что наименьшие значения критерия Кокрофта-Лэтэма как в приповерхностных слоях, так и в среднем по сечению раската получены для случая прокатки овального подката в овальном калибре. Наибольшие же значения критерия Кокрофта-Лэтэма зафиксированы для случая прокатки квадратной заготовки в овальном калибре. Значения критерия Кокрофта-Лэтэма для различных форм калибра и поперечного сечения исходного подката приведены ниже:

Форма поперечного сечения исходного подката	Форма калибра	Значение критерия Кокрофта-Лэтэма	
		максимальное по сечению	среднее по сечению
Квадрат	Ромбический	0,39	0,10
Квадрат	Ящичный	0,42	0,12
Квадрат	Овальный	0,45	0,13
Овал	Овальный	0,36	0,08

Таким образом, наименьшее использование запаса пластичности имеет место при подобии формы заготовки и калибра.

Для более полного изучения закономерностей формирования зон с различной степенью использования запаса пластичности металла при прокатке промоделировано течение металла в различных зонах по ширине калибров. При моделировании на верхнюю грань заготовки наносили точки-маркеры, расположенные по ширине заготовки на равном (3,0 мм) расстоянии друг от друга в центральной по длине зоне калибра (на равном расстоянии от входного и выходного концов раската) (рис. 2).

Полученные результаты позволяют констатировать, что в центральной зоне калибра имеет место только вертикальное перемещение металла в направлении обжатия (величина горизонтального смещения равна нулю); в боковых зонах поверхностные слои металла одновременно перемещаются в направлении обжатия и в горизонтальной плоскости по направлению от центра калибра к его периферии (рис. 3). Также можно сделать вывод, что ширина зоны, где имеет место перемещение металла только в вертикальном направлении, в значительной степени зависит от формы калибра. Так, если при прокатке квадратной заготовки в ящичном калибре протяженность такой зоны составляет около 20 % от ширины калибра, то при деформации квадратной заготовки в ромбическом и овальном калибрах только вертикальное перемещение металла фактически имеет место лишь в вершинах калибров.

Подтверждением правильности полученных результатов может служить их соответствие результатам Ю.В. Зильберга с соавторами [6]: при проведении промышленных экспериментов зафиксировано значительное горизонтальное смещение металла на равном расстоянии от оси калибра и боковых граней и отсутствие горизонтального перемещения в вершине калибра.

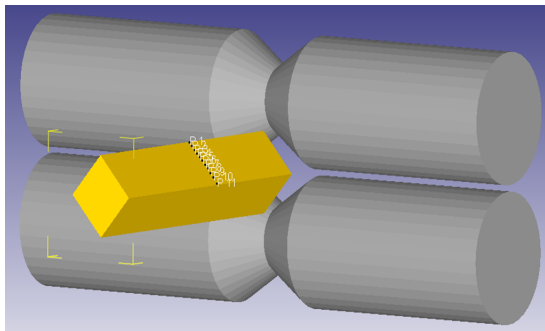


Рис. 2. Схема нанесения точек при моделировании процесса прокатки в интерфейсе программы DEFORM 3D

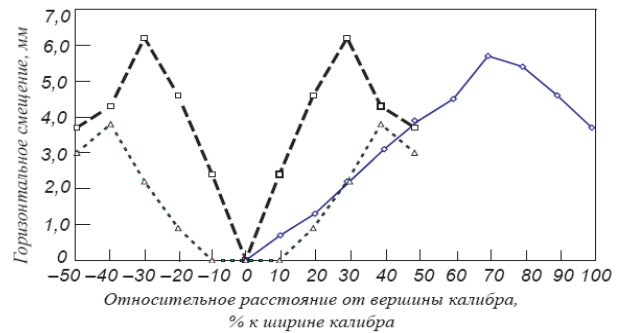


Рис. 3. Схема течения поверхностных слоев металла при прокатке квадратной заготовки в калибрах различной формы:

◇, □ и Δ – ромбический, ящичный и овальный калибр

При сопоставлении результатов математического моделирования течения металла с полученной схемой распределения критерия Кокрофта-Лэтэма становится очевидным, что наибольшее использование запаса пластичности происходит в тех зонах калибра, где имеет место только вертикальное перемещение металла при деформации. При одновременном течении металла в направлении обжатия и в горизонтальном направлении значения критерия Кокрофта-Лэтэма меньше, что способствует лучшей выработке поверхностных дефектов.

На основании полученных результатов разработана новая калибровка валков черновой группы непрерывного мелкосортного стана 250-2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». При разработке новой калибровки исходили из увеличения степени подобия формы поперечного сечения исходного подката и формы калибра: чередующиеся ящичные и шестигранные калибры заменены на ребровой овальный и овальный калибры соответственно. Внедрение усовершенствованной калибровки в производство позволило улучшить качество поверхности сортового проката, увеличение выхода годного при производстве конструкционного проката по ГОСТ 10702 – 78 составило 3 %.

Выводы. Проведено моделирование процесса деформации металла в калибрах с использованием специализированного программного комплекса DEFORM 3D. Установлено, что наибольшее использование запаса пластичности металла создается в центральной зоне сортовых калибров, где имеет место только вертикальное перемещение металла в направлении обжатия. В боковых зонах сортовых калибров поверхностные слои металла одновременно перемещаются в направлении обжатия и в горизонтальной плоскости по направлению от центра калибра к его периферии, что формирует более благоприятные условия для выработки поверхностных дефектов заготовки.

В целом степень использования запаса пластичности металла в процессе прокатки определяется степенью подobia формы поперечного сечения исходной заготовки и калибра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. – М.: Металлургия, 1986. – 688 с.
2. Кинзин Д.И., Рычков С.С. Оценка эффективности калибровки сортовых профилей на основе программного комплекса Deform 3d // Моделирование и развитие процессов ОМД. 2011. № 1. С. 92 – 95.
3. Шолов В.А., Литвинов Р.А., Шварц Д.Л. Моделирование процесса прокатки рельсов в универсальных калибрах // Производство проката. 2009. № 8. С. 20 – 25.
4. Тинигин А.Н. Моделирование процесса прокатки высоких горячих полос, подаваемых встык в очаг деформации // Сталь. 2012. № 7. С. 31 – 34.
5. Салганик В.М., Песин А.М., Чикишев Д.Н., Пустовойтов Д.О. Моделирование поведения поперечных угловых трещин сляба при прокатке в горизонтальных валках // Изв. вуз. Черная металлургия. 2010. № 3. С. 22 – 24.
6. Зильберг Ю.В., Ревякин С.В. Формоизменение поверхностных дефектов при прокатке в простых калибрах // Металлургическая и горнорудная промышленность. 1996. № 8. С. 23 – 25.

© 2013 г. А.А. Уманский, В.Н. Кадыков,
Ю.А. Мартынов
Поступила 9 сентября 2013 г.

УДК 538.913

Ю.Ф. Иванов^{1,2}, Ю.А. Абзаев³, О.С. Толкачев², С.Ю. Филимонов², С.В. Коновалов⁴

¹Институт сильноточной электроники СО РАН (г. Томск)

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

³Томский государственный архитектурно-строительный университет

⁴Сибирский государственный индустриальный университет

ПОРОШКИ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ИТТРИЕМ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ: АНАЛИЗ ФАЗОВОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВОВ, ДЕФЕКТНОЙ СУБСТРУКТУРЫ*

Структура и свойства конструкционной керамики существенным образом зависят от состояния исходных компонентов (фазового и элементного составов, дисперсности, морфологии исходных порошков), метода их получения, компактирования и последующего спекания [1]. Одним из перспективных направлений производства конструкционной керамики является метод сухого одноосного прессования нанопорошков при одновременном воздействии мощных ультразвуковых колебаний, способствующих снижению пристеночного и межчастичного трения, что позволяет достигать более плотной упаковки частиц порошка

и, соответственно, более высокой плотности прессовок любой геометрии [2]. В процессе прессования керамических ультрадисперсных порошков под действием ультразвуковых колебаний можно влиять на дисперсность, морфологию, упругопластические свойства, плотность прессовки, однородность ее микроструктуры [3]. Однако до сих пор открытым остается вопрос влияния мощного ультразвукового воздействия на фазовый состав, параметры кристаллической структуры и дефектность метастабильных наночастиц порошка, относящихся к классу полиморфных материалов.

Цель настоящей работы – анализ фазового и элементного составов, дефектной субструктуры порошков стабилизированного иттрием

* Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

диоксида циркония, подвергнутых воздействию мощного ультразвука.

В качестве материала исследования использованы порошки марки TZ-8Y-S производства Tosoh, ДККК (Япония) следующего состава: $ZrO_2 + 8\% Y_2O_3$ (моль). Ультразвуковую обработку порошка осуществляли по методике работы [4] при следующих параметрах: мощность ультразвука 3 кВт, время воздействия 10 мин. Прессование порошка проводили при давлении 615 МПа. Фазовый состав порошка в исходном состоянии и после ультразвуковой обработки выявляли методами рентгенофазового анализа (прибор ДРОН 4-07); относительное содержание фаз определяли по соотношению площадей характеристических дифракционных пиков для кристаллических модификаций диоксида циркония [5]; морфологию, дефектную субструктуру, элементный и фазовый составы порошка изучали методами электронной дифракционной микроскопии (прибор JEM 2100) [6, 7].

Характерные изображения частиц порошка, полученные методами просвечивающей дифракционной электронной микроскопии, приведены на рис. 1. Частицы порошка в исходном состоянии имеют преимущественно глобулярную форму (рис. 1, *a, б*); размеры частиц, измеренные по темнопольным изображениям (рис. 1, *в*), изменяются в пределах 15 – 50 нм.

Анализ микроэлектроннограммы (рис. 1, *г*) свидетельствует, что частицы порошка (рис. 1, *a*) являются кубической модификацией диоксида циркония. Микрорентгеноспектральный анализ отдельно взятых частиц (анализу были подвергнуты 38 частиц) порошка позволил провести исследование их элементного состава. Установлено, что средняя концентрация иттрия $7,14 \pm 1,40\%$ (ат.); минимальная и максимальная концентрации иттрия – 4,2 и 9,8 % (ат.) (рис. 2, *a*). Таким образом, если в среднем концентрация иттрия в порошке в исходном состоянии близка к значению, указанному в паспортных данных на материал, то в отдельно взятых частицах порошка концентрация иттрия может отличаться более чем в два раза.

Фазовый состав порошка изучали методами рентгенофазового анализа. Качественный фазовый анализ диоксида циркония ZrO_2 проводили в trial версии пакета Match с использованием открытой базы структурных данных COD [8], в которой для минералов приведены не только рентгеноструктурные данные, но и относительные координаты атомов ячеек. С помощью пакета Match были определены карточки COD стехиометрического минерала ZrO_2 различных модификаций: кубической, моноклинной, тетрагональной, орторомбической, а также легированного иттрием с тетрагональной модификацией. Обнаруженные эталонные

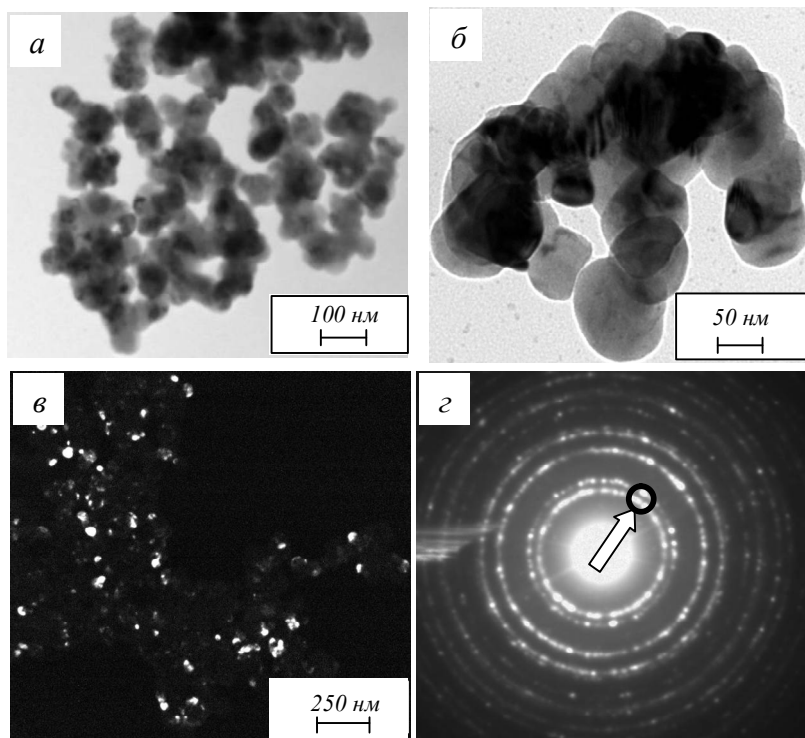


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение структуры порошка TZ-8Y-S до обработки ультразвуком: *a, б* – светлое поле; *в* – темное поле, полученное в рефлексах $[111] + [002]$ ZrO_2 ; *г* – микроэлектроннограмма, полученная с совокупности частиц (окружностью выделены рефлексы, в которых получено темное поле)

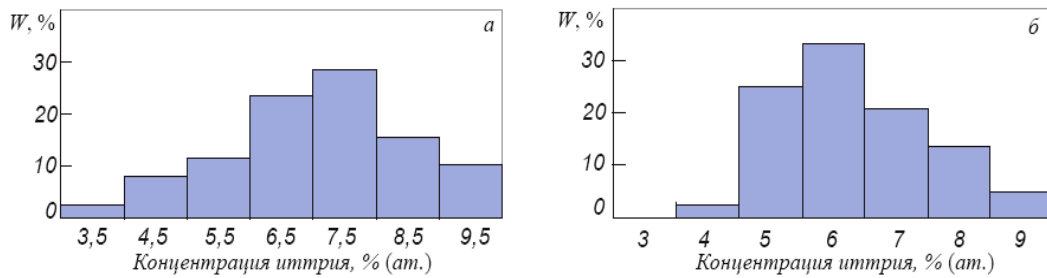


Рис. 2. Распределение иттрия в частицах порошка марки TZ-8Y-S в исходном состоянии (а) и после обработки ультразвуком (б)

карточки минерала ZrO_2 использовали для количественного фазового анализа порошка. Использовали максимальный критерий сходимости (ultra-fine) суммарной величины интегральных интенсивностей эталонных фаз к исследуемой экспериментальной дифрактограмме.

Результаты исследования фазового состава порошка в исходном состоянии, осуществленного методом дифракции рентгеновских лучей, приведены на рис. 3. Анализируя представленные результаты, прежде всего отметим многофазность исследуемых порошков: выявляются моноклинная, кубическая, тетрагональная и орторомбическая модификации диоксида циркония. Относительное содержание этих фаз определяется как концентрацией иттрия в материале, так и режимом обработки порошка.

В исследуемом порошке в исходном состоянии выявляются кубическая (основная), тетрагональная и орторомбическая модификации диоксида циркония (рис. 3, режим 1). Можно предположить, что сложный полиморф-

ный состав порошка обусловлен высоким уровнем концентрационной неоднородности иттрия в материале.

Ультразвуковая обработка порошка не приводит к изменению морфологии частиц. Как и в исходном состоянии, частицы порошка после ультразвуковой обработки имеют преимущественно глобулярную форму (рис. 4, а). Обработка порошка мощным ультразвуком существенным образом изменяет дефектную субструктуру частиц порошка (рис. 4, б, в); частицы разбиваются на разориентированные области размерами примерно 10 нм и менее. На темнопольных изображениях частиц выявляется крапчатый контраст, размеры которого изменяются в пределах 1,5 – 2,5 нм.

Микрорентгеноспектральный анализ отдельно взятых частиц (проведен анализ 87 частиц) порошка, подвергнутого ультразвуковой обработке, позволил провести исследование их элементного состава. Установлено, что средняя концентрация иттрия в частицах порошка, подвергнутых элементному микроанализу, составляет $5,85 \pm 1,20$ % (ат.); минимальное и максимальное значения концентрации иттрия 3,29 и 8,84 % (ат.) (рис. 2, б). Таким образом, ультразвуковая обработка порошка приводит к некоторому снижению концентрации иттрия.

Результаты рентгенофазового анализа порошка, подвергнутого ультразвуковой обработке, приведены на рис. 2 (режим 2). Можно отметить, что ультразвуковая обработка исследуемого порошка сопровождается снижением содержания орторомбической модификации и увеличением содержания кубической модификации.

Перед спеканием порошки подвергаются прессованию. В настоящей работе проведен структурно-фазовый анализ порошков, подвергнутых прессованию в условиях ультразвукового воздействия и без такого воздействия. Прессование порошка состава $ZrO_2 + 8$ % Y_2O_3 без ультразвукового воздействия приводит к преобразованию орторомбической и тетрагональной модификаций в кубическую (рис. 2, а,

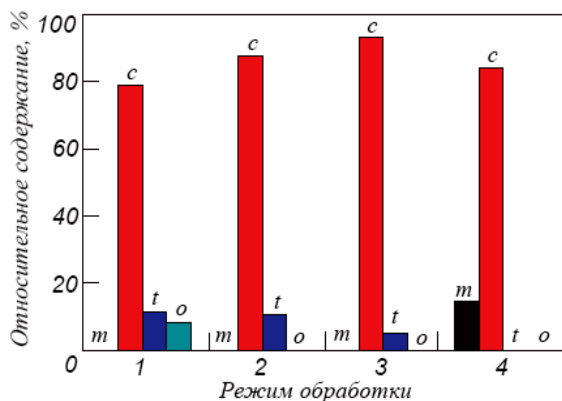


Рис. 3. Относительное содержание фаз в порошке на основе диоксида циркония состава $ZrO_2 + 8$ % Y_2O_3 , выявленное в результате сопоставления интенсивностей дифракционных максимумов:

1 – исходное состояние; 2 – состояние после ультразвуковой обработки; 3 – состояние после прессования; 4 – состояние после прессования в условиях ультразвуковой обработки; m, c, t и o – моноклинная, кубическая, тетрагональная и орторомбическая модификация диоксида циркония

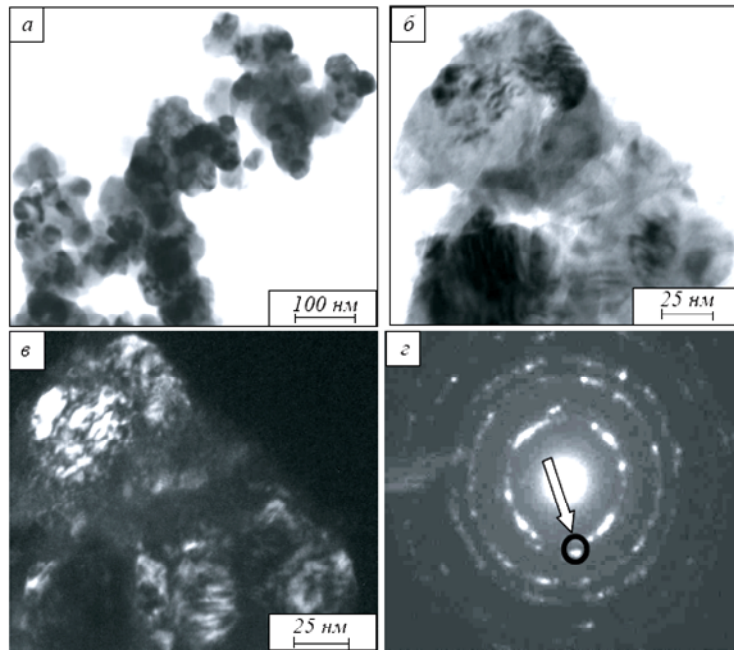


Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение структуры порошка TZ-8Y-S после обработки ультразвуком: *a, б* – светлое поле; *в* – темное поле, полученное в рефлексах [111] + [002] ZrO₂; *г* – микроэлектроннограмма, полученная с совокупности частиц, представленных на поз. *б* (окружностью выделены рефлексы, в которых получено темное поле)

режим 3). Использование ультразвука при прессовании инициирует процесс преобразования высокотемпературных модификаций диоксида циркония (кубической и тетрагональной) в моноклинную, относительное содержание которой, однако, незначительно (примерно 15 %) (рис. 2, б, режим 4). Следовательно, прессование порошка состава ZrO₂ + 8 % Y₂O₃ в условиях ультразвуковой обработки приводит к снижению уровня стабильности его высокотемпературной модификации. Последнее может быть связано, как было показано выше, со снижением концентрации иттрия в материале, обработанном мощным ультразвуком.

Выводы. Выполнен сравнительный анализ фазового и элементного составов, состояния дефектной субструктуры порошка марки TZ-8Y-S производства Tosoh, DKKK (Япония) состава ZrO₂ + 8 % Y₂O₃. Выявлена существенная неоднородность порошка по содержанию иттрия. Показано, что обработка порошка мощным ультразвуком приводит к увеличению степени дефектности частиц диоксида циркония. Установлено, что использование ультразвука при прессовании инициирует процесс преобразования кубической и тетрагональной модификаций диоксида циркония в моноклинную.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевченко В.Я., Баринов С.М. Техническая керамика. – М.: Наука, 1993. – 197 с.
2. Эффекты мощного ультразвукового воздействия на структуру и свойства наноматериалов: учеб. пособие / О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, В.В. Полисадова, А.П. Зыкова. – Томск: изд. ТПУ, 2009. – 148 с.
3. Хасанов О.Л., Двилис Э.С., Похолоков Ю.П., Соколов В.М. // Перспективные материалы. 1999. № 3. С. 88 – 94.
4. Полезная модель № 4248 РФ. Ультразвуковая пресс-форма / В.М. Соколов, О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, Ю.П. Похолоков // Бюл. ПМПО. 1997. № 6. С. 17.
5. Филатов С.К. Высокотемпературная кристаллохимия. – Л.: Недра, 1990. – 288 с.
6. Утевский Л.М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. – М.: Metallurgia, 1973. – 584 с.
7. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. – М.: Техносфера, 2006. – 384 с.
8. Электронный ресурс. – Режим доступа: URL: <http://www.crystallography.net> (дата обращения 05.06.2013 г.).

© 2013 г. Ю.Ф. Иванов, Ю.А. Абзаев,
О.С. Толкачев, С.Ю. Филимонов,
С.В. Коновалов

Поступила 29 июля 2013 г.

УДК 621.318.1.001.5

М.Е. Шабунин, Е.В. Шабунина, В.Н. Удодов

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова

НЕПРИМЕНИМОСТЬ ГИПОТЕЗ СКЕЙЛИНГА К КВАЗИОДНОМЕРНЫМ МАГНИТНЫМ МАТЕРИАЛАМ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Исследования последних лет в области магнетизма в значительной мере концентрируются на изучении систем пониженной размерности, что обуславливается перспективами создания на их основе новых материалов с широкими функциональными возможностями для опто- и наноэлектроники, измерительной техники, информационных технологий, средств связи и пр. [1, 2]. Одномерные структуры получают или электрохимическим осаждением, или осаждением на ступенчатую поверхность с помощью литографических методов, либо резким охлаждением расплава во вращающейся жидкости [2]. Кроме того, существует класс квазиодномерных магнетиков (изинговские магнетики), которые можно описать в рамках одномерной модели Изинга [3].

В настоящей работе рассматривается изинговская одномерная цепочка магнитных атомов, которая может быть моделью или магнитного кластера (например, на поверхности кристалла), или квазиодномерного магнетика [4]. Рассчитывались критические индексы фазового перехода из антиферромагнитной в ферромагнитную фазу. При моделировании использовалась безразмерная температура цепочки, выраженная в единицах J_1/k_B (где J_1 – энергия взаимодействия ближайших соседних атомов, определяемая экспериментально; k_B – постоянная Больцмана).

По рассчитанным критическим индексам [4] для модели были проверены соотношения статического [5] и динамического [6] скейлинга (определения индексов см. в работах [5, 6]):

$$vd = 2 - \alpha; \quad (1)$$

$$Y = zv, \quad (2)$$

где v – индекс корреляционной длины; d – размерность пространства; α – критический индекс теплоемкости; Y – кинетический критический индекс.

Гипотеза скейлинга заключается в том, что изменение пространственных размеров системы не влияет на значение критических индексов [5]. Из этой гипотезы следуют универсаль-

ные соотношения между критическими индексами (1), (2) и др.

Из общих соображений, для одномерной модели таких размеров ($N = 11$ узлов), отклонение одной части равенства от другой ожидалось порядка 20 %. Однако наблюдалось гораздо большее (в сотни раз) отклонение, увеличивающееся при низких температурах. Отклонение от предсказаний гипотез скейлинга (отношение одной части равенства к другой в формулах (1) и (2)) приведено ниже:

Безразмерная температура...	$T = 0,6$	$T = 0,4$	$T = 0,2$	$T = 0,05$
Динамический скейлинг.....	2,32	2,64	7,18	22,16
Статический скейлинг.....	5,99	33,79	163,10	–

Таким образом, гипотезы скейлинга неприменимы к малым низкоразмерным магнитным системам. Поведение времени релаксации и критических индексов также говорит об особенностях данных систем, совпадая с теоретическими представлениями (они сформулированы в основном для макротел) лишь в ряде случаев [4]. Итак, для наноструктурных материалов необходимо развитие новых теоретических подходов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Rudenko A.N., Mazurenko V.V., Anisimov V.I., Lichtenstein A.I. Weak ferromagnetism in Mn nanochains on the CuN surface // Phys. Rev. B. 2009. V. 79. P. 144418.
2. Чеченин Н.Г. Лекции «Физика магнитных наноструктур» [Электронный ресурс]. – URL: <http://danp.sinp.msu.ru/MagNanoS/L12.pdf> (дата обращения 02.12.13).
3. Александров К.С., Федосеева Н.В., Спелвакова И.П. Магнитные фазовые переходы в галоидных кристаллах. – Новосибирск: Наука, 1983. – 192 с.
4. Галичина Е.В., Спирин Д.В., Удодов В.Н. Кинетические критиче-

ские индексы квазиодномерного изинговского магнетика. Деп. в ВИНТИ Рег. №114-B2011 от 11.03.2011 г. – 22 с.

5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. V. Статистическая физика. Ч. I.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 616 с.

6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. X. Физическая кинетика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 536 с.

© 2013 г. М.Е. Шабунин, Е.В. Шабунина, В.Н. Удодов

Поступила 26 ноября 2013 г.

УКД 621.785:669.1.08.29

**О.В. Олесюк¹, Д.А. Романов¹, Е.А. Будовских¹, С.В. Коновалов¹, В.Е. Громов¹,
Ю.Ф. Иванов^{2,3}, А.Д. Тересов²**

¹Сибирский государственный индустриальный университет

²Институт сильноточной электроники СО РАН (г. Томск)

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет

СТРУКТУРА ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО НАПЫЛЕНИЯ, ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ

Цель настоящей работы заключалась в анализе дефектной субструктуры модифицированных высокоинтенсивным электронным пучком электровзрывных композиционных покрытий, сформированных на поверхности меди.

Электровзрывное напыление покрытий проводили на модернизированной электровзрывной установке ЭВУ 60/10М [1]. Покрытия наносили на медные электрические контакты командоконтроллера ККТ 61, площадь контактов 1,5 см². Режим термосилового воздействия на облучаемую поверхность задавали выбором зарядного напряжения емкостного накопителя энергии установки, по которому рассчитывали поглощаемую плотность мощности. Электровзрывное напыление проводили с использованием композиционного электрически взрываемого проводника [1] для нанесения покрытий. В настоящей работе взрываемый проводник представлял собой двуслойную медную фольгу с заключенной в ней навеской порошков молибдена или молибдена и графита, вольфрама или вольфрама и графита, диборида титана. Поглощаемая плотность мощности при напылении составляла 4,1 ГВт/м², диаметр медного сопла – 20 мм, расстояние образца от среза сопла – 20 мм. Масса порошков молибдена, вольфрама и диборида титана составляла 272 мг каждого, графита – 27 мг, меди – 238 мг.

Модифицирование поверхности электровзрывных покрытий осуществляли высокоинтенсивным электронным пучком, позволяющим переплавлять поверхностный слой толщиной до 50 мкм с последующим высокоскоростным охлаждением за счет отвода тепла в объем материала. Использовали установку «СОЛО» Института сильноточной электроники Сибирского отделения РАН [2]. Режимы электронно-пучковой обработки покрытий представлены ниже:

Состав покрытия	E_S , Дж/см ²	t , мкс	N , имп.
Mo – Cu	60	100	10
Mo – C – Cu	60	200	20
W – Cu	60	100	10
W – C – Cu	60	200	20
TiB ₂ – Cu	60	200	20

Примечание: E_S – плотность энергии пучка электронов; t и N – длительность и количество импульсов.

Исследование морфологии структуры модифицированного слоя осуществляли методами сканирующей электронной микроскопии с использованием электронного микроскопа Carl Zeiss EVO50. Анализ фазового состава и дефектной субструктуры поверхностного слоя

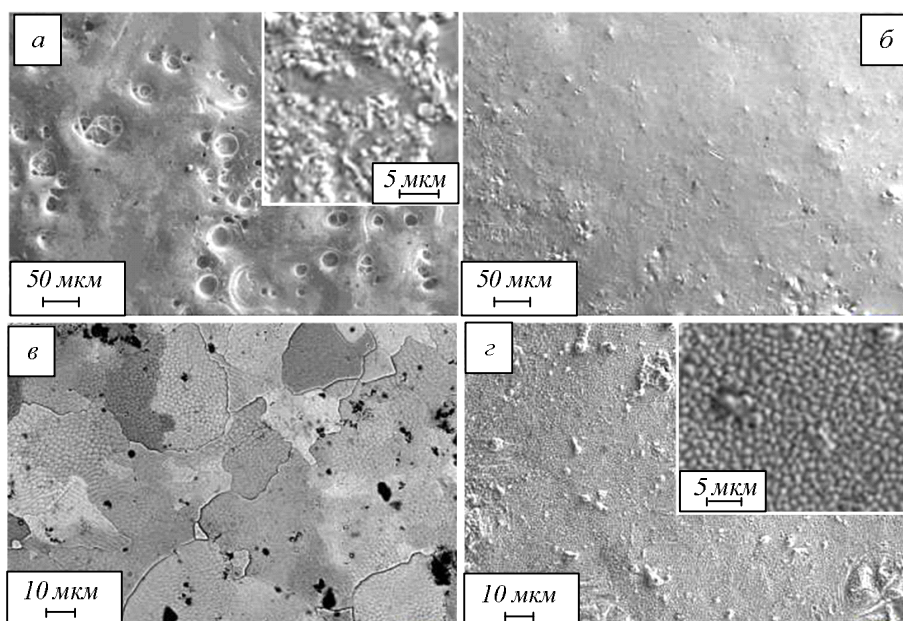


Рис. 1. Структура поверхности облучения покрытия состава W – Cu (а), TiB₂ – Cu (б, в) и Mo – Cu (г) высокоинтенсивным импульсным электронным пучком

покрытия, плавящегося при электронно-пучковой обработке, осуществляли методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии (прибор ЭМ-125). Фольги готовили из пластинок, вырезанных параллельно поверхности покрытия и расположенных на расстоянии 25 – 30 мкм от поверхности облучения (в слое, модифицированном электронным пучком, как показали предварительно выполненные исследования структуры поперечных шлифов).

Обработка поверхности покрытий высокоинтенсивным импульсным электронным пучком (независимо от элементного состава и режима облучения) сопровождается плавлением слоя толщиной 30 – 50 мкм; поверхность облучения выглаживается, исчезают микрокапли, микрократеры и микротрещины (рис. 1). Формируется поликристаллическая структура, размер зерен которой при плотности энергии пучка электронов 60 Дж/см² (при $\tau = 100$ мкс, $N = 10$ имп.) изменяется в пределах от 3 до 40 мкм. Увеличение длительности воздействия пучка электронов до 200 мкс (при $N = 20$ имп.) при этой же плотности энергии пучка электронов приводит к формированию более однородной зеренной структуры (размер зерен изменяется в пределах от 10 до 20 мкм). В объеме зерен (независимо от плотности энергии пучка электронов) наблюдается структура ячеистой кристаллизации, характерная для материала, охлажденного с высокими скоростями [3, 4]. Размер ячеек изменяется в пределах 0,25 – 0,50 мкм (рис. 1, г).

Электронно-микроскопические исследования тонких фольг, приготовленных из слоя покрытия, модифицированного высокоинтенсивным электронным пучком, выявили (независимо от фазового состава покрытия и режима облучения электронным пучком) следующие субструктуры: ячеистую, полосовую, фрагментированную, субзеренную, а также зерна с хаотически распределенными дислокациями и дислокациями, формирующими сетки. Характерные изображения этих структур представлены на рис. 2. Хаотически распределенные дислокации и дислокации, формирующие сетки, выявляются также и во всех указанных выше субструктурах. Увеличение длительности импульса воздействия пучка от 100 до 200 мкс и количества импульсов с 10 до 20 способствовало, преимущественно, формированию дислокационной субструктуры с более совершенными границами. Относительное содержание таких субструктур в исследуемых материалах представлено на рис. 3. Оценку осуществляли, определяя по микрофотографии относительную площадь поверхности, занимаемой той или иной субструктурой [5]. Анализируя результаты, представленные на рис. 3, можно отметить, что относительное содержание дислокационных субструктур зависит и от элементного состава покрытия, и от режима электронно-пучковой обработки. Однако преимущественным типом дислокационной субструктуры во всех покрытиях (исключая покрытие состава W – C – Cu) является полосовая.

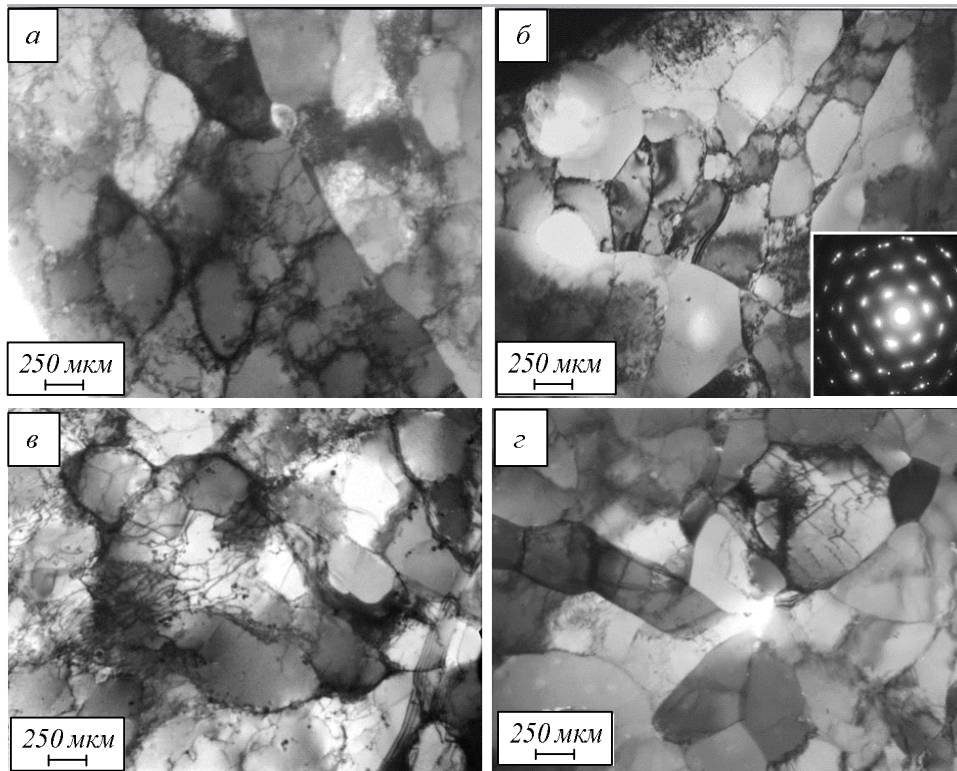


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение дислокационной ячеистой (а), полосовой (б), фрагментированной (в) и субзеренной (з) субструктуры, формирующейся в электровзрывных покрытиях составов Мо – С – Cu (а) и W – С – Cu (б – з), облученных высокоинтенсивным импульсным электронным пучком

Анализ микроэлектроннограмм, полученных при исследовании материала методами электронной микроскопии тонких фольг, позволяет определить его фазовый состав. Как и следовало ожидать, основной фазой исследуемых покрытий является твердый раствор на основе меди. В объеме зерен меди и на границах обнаруживаются частицы вторых фаз. В покрытиях составов Мо – Cu и W – Cu выявлены исключительно частицы молибдена и вольфрама соответственно. Этого следовало ожидать, так

как растворимость и молибдена, и вольфрама в меди практически равна нулю; фаз молибден и вольфрам с медью не образуют [6, 7].

Частицы имеют округлую форму, по размерам могут быть разделены на два класса. Во-первых, это частицы, размеры которых изменяются в пределах 80 – 150 нм. Можно предположить, что это частицы исходного порошка, не растворившиеся в процессе облучения. Во-вторых, частицы, размеры которых изменяются в пределах 10 – 15 нм. Очевидно, что частицы этого размерного диапазона выделились при кристаллизации расплава.

В покрытиях фазового состава $TiB_2 - Cu$ выявлены (наряду с частицами TiB_2) частицы состава Ti_2B_5 , что может указывать на частичное растворение порошка диборида титана TiB_2 и его повторное выделение в составе Ti_2B_5 . В покрытиях составов Мо – С – Cu и W – С – Cu следовало ожидать формирования карбидной фазы. Действительно, выполненные исследования выявили частицы карбида молибдена состава Mo_2C (рис. 4) и карбида вольфрама состава WC (рис. 5). В обоих случаях размеры частиц карбидной фазы изменяются в пределах 10 – 30 нм.

Выводы. Выполнены электронно-микроскопические исследования покрытий, сформированных электровзрывным методом на образцах

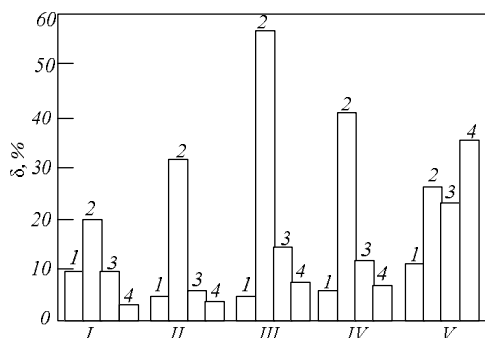


Рис. 3. Диаграмма субструктур, формирующихся в электровзрывных покрытиях составов Мо – Cu (I), W – Cu (II), $TiB_2 - Cu$ (III), Мо – С – Cu (IV), W – С – Cu (V), облученных импульсным электронным пучком. Тип субструктуры: 1 – ячеистая; 2 – полосовая; 3 – фрагментированная; 4 – субзеренная (остальное – зерна со структурой дислокационного хаоса или сетчатой субструктурой)

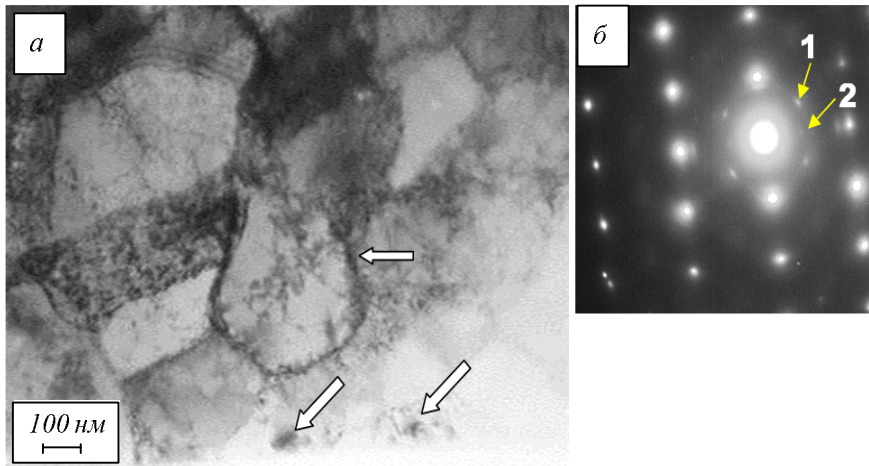


Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение структуры электровзрывного покрытия состава $\text{Mo} - \text{C} - \text{Cu}$, обработанного высокоинтенсивным импульсным электронным пучком (стрелками на (а) показаны частицы карбида Mo_2C ; на (б) – рефлексы [011] (1) и [001] (2) карбида Mo_2C):
а – светлое поле; б – микроэлектроннограмма

меди и облученных высокоинтенсивным импульсным электронным пучком. Выявлено формирование многофазной высокодефектной структуры в поверхностном слое покрытия. Установлено, что в покрытиях составов $\text{Mo} - \text{Cu}$ и $\text{W} - \text{Cu}$ вторыми фазами являются наноразмерные частицы молибдена и вольфрама. В покрытиях составов $\text{Mo} - \text{C} - \text{Cu}$, $\text{W} - \text{C} - \text{Cu}$ и $\text{TiB}_2 - \text{Cu}$ выявлено формирование частиц вторых фаз – карбидов Mo_2C и WC , боридов титана Ti_2B_5 .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов Д.А., Будовских Е.А., Громов В.Е. Электровзрывное напыление электроэрозсионностойких покрытий:

формирование структуры, фазового состава и свойств электроэрозсионностойких покрытий методом электровзрывного напыления. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 170 с.

2. Иванов Ю.Ф., Коваль Н.Н. Низкоэнергетические электронные пучки субмиллисекундной длительности: получение и некоторые аспекты применения в области материаловедения. – В кн.: Структура и свойства перспективных металлических материалов. Гл. 13. / Под общ. ред. А.И. Потекаева. – Томск: Изд-во НТЛ, 2007. С. 345 – 382.

3. Rotshtein V., Ivanov Yu., Markov A. Surface treatment of materials with

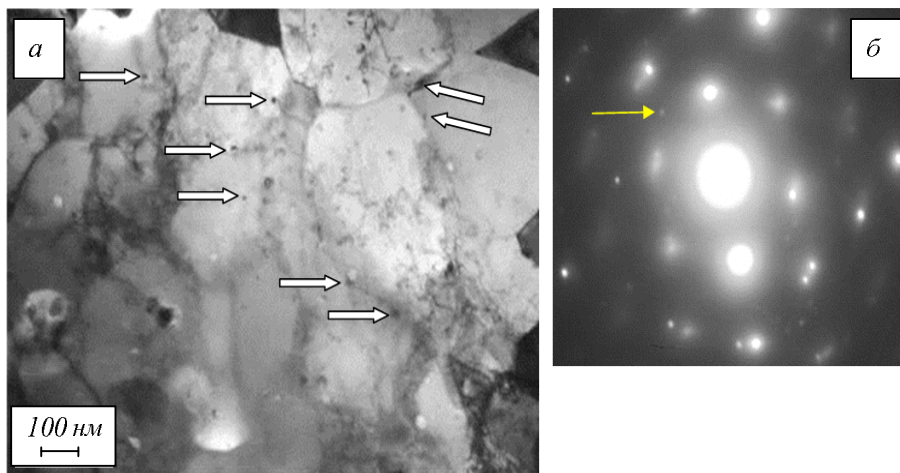


Рис. 5. Электронно-микроскопическое изображение структуры электровзрывного покрытия состава $\text{W} - \text{C} - \text{Cu}$, обработанного высокоинтенсивным импульсным электронным пучком (стрелками на (а) показаны частицы карбида WC ; на (б) – рефлекс [001] карбида WC):
а – светлое поле; б – микроэлектроннограмма

- low-energy, high-current electron beams. Chapter 6 in Book «Materials surface processing by directed energy techniques» Ed. by Y. Pauleau, Elsevier, 2006. P. 205 – 240.
- Г л е з е р А.М., Г р о м о в В.Е., И в а н о в Ю.Ф., Ш а р к е е в Ю.П. Наноматериалы: структура, свойства, применение. – Новокузнецк: Изд-во «Интер-Кузбасс», 2012. – 423 с.
 - Ч е р н я в с к и й К.С. Стереология в металлведении. – М.: Металлургия, 1977. – 208 с.
 - Сплавы молибдена / Н.Н. Могутнова, Б.А. Клыпин, В.А. Бояршинов и др. – М.: Металлургия, 1975. – 392 с.
 - Диаграммы состояния двойных металлических систем / Под ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996 – 2000. Т. 1 – 3.

© 2013 г. О.В. Олесюк, Д.А. Романов,
Е.А. Будовских, С.В. Коновалов,
В.Е. Громов, Ю.Ф. Иванов, А.Д. Тересов
Поступила 18 ноября 2013 г.

УДК 621.791:624

Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.В. Роор

Сибирский государственный индустриальный университет

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЮЩЕЙ ФЛЮС-ДОБАВКИ НА УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МЕТАЛЛА СВАРНОГО ШВА ОКСИДНЫМИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ*

При использовании флюсов некоторых марок не всегда обеспечиваются требуемые механические свойства металла сварного шва (в частности, ударная вязкость при пониженных температурах) в связи с образованием большого количества неметаллических включений. Большинство таких включений являются оксидными (независимо от того, экзогенные они или эндогенные). Содержание неметаллических включений в металле шва, в свою очередь, зависит от количества общего кислорода. Так как растворимость кислорода в твердом металле мала, то содержание общего кислорода характеризует уровень загрязненности неметаллическими включениями. При использовании существующих флюсов для сварки низколегированных сталей наблюдается повышенное содержание общего кислорода и, следовательно, повышенное количество неметаллических включений. В настоящее время снижение содержания неметаллических включений в металле сварных швов при автоматической сварке под флюсом достигается применением слабоокислительных флюсов, однако такие флюсы имеют неудовлетворительные сварочно-технологические свойства и редко применяются при сварке низколегированных сталей. В случае

использования окислительных флюсов металл шва насыщается кислородом в результате кремне- и марганцевосстановительных процессов.

В настоящее время при сварке применяются следующие системы легирования за счет кремнемарганцевосстановительных процессов: 1 – низкоуглеродистая электродная проволока и высокомарганцовистый флюс с высоким содержанием кремнезема; 2 – низкоуглеродистая проволока и высококремнистый (кислый) флюс; 3 – среднемарганцовистая электродная проволока и среднемарганцовистый кислый флюс. Эти системы имеют ряд недостатков:

– использование кремния и марганца в качестве раскислителей приводит к образованию различных оксидных включений, которые из-за скоротечности процесса сварки не всегда успевают всплыть и ассимилироваться шлаком, поэтому концентрация свободного и связанного кислорода в металле шва довольно высока. В связи с этим наблюдается понижение ударной вязкости металла шва, особенно при отрицательных температурах. Таким образом, оптимальным, с точки зрения исключения образования в металле сварного шва неметаллических включений, является использование углерода, так как образующиеся оксид и диоксид углерода находятся в газообразном состоянии, поэтому легко удаляются и не загряз-

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации госзаказа 7.5021.2011.

няют металл шва неметаллическими включениями. Однако использование углерода в качестве раскислителя приводит к науглероживанию металла, что, в свою очередь, ухудшает механические свойства и структуру металла сварных швов;

- наблюдается недостаточная для удаления водорода концентрация во флюсах фторсодержащих компонентов, позволяющих в результате диссоциации получать активный фтор, который удаляет водород из металла сварного шва;

- отсутствие во флюсах большинства марок элементов (калия и натрия), облегчающих ионизацию и обеспечивающих устойчивое горение дуги.

В работах [1 – 6] использованы углерод-фторсодержащие добавки в качестве присадок во флюсы. За основу добавки взяты отходы металлургического производства в виде пыли следующего химического состава: 25 – 30 % Al_2O_3 ; 30 – 50 % Na_3AlF_6 ; 25 – 35 % CF_x ($1 \geq x > 0$) (по массе).

Теоретически такие добавки позволяют:

- проводить удаление водорода за счет фторсодержащих соединений типа Na_3AlF_6 , CF_x ($1 \geq x > 0$) и т.д., разлагающихся при температурах сварочных процессов с выделением фтора, который, в свою очередь, взаимодействует с растворенным в стали водородом с образованием газообразного соединения HF;

- осуществлять интенсивный углеродный «кип» за счет оксида и диоксида углерода, образующихся при взаимодействии фтористого углерода CF_x ($1 \geq x > 0$) с растворенным в стали кислородом, при этом в связи с тем, что углерод находится в связанном состоянии, науглероживания стали практически не должно происходить;

- повышать устойчивость дуги за счет элементов (калия и натрия), облегчающих ионизацию в столбе дуги.

Добавку к флюсу готовили следующим образом: смешивали углеродфторсодержащий компонент с жидким стеклом, сушили, охлаждали и дробили; затем добавку перемешивали с флюсом в специальном смесителе в определенном, строго заданном соотношении. Для исследования были взяты плавленые флюсы марок АН-348А, АН-60, АН-67 для сварки стали 09Г2С и алюминатно-основной флюс Flux ОК 10.71 для сварки стали 10ХСНД. Рассматривали базовые варианты этих флюсов и их смеси с добавлением керамического флюса-добавки в различном процентном соотношении.

Эксперименты проводили на образцах толщиной 16 мм размером 200×500 мм. Сварку стыковых швов без разделки кромок проводи-

ли с двух сторон, как при сварке полотнищ стенок резервуаров на стенде для рулонирования. В качестве присадочного металла использовали проволоку марки Св-08ГА диам. 5 мм.

Сварку образцов под флюсами проводили при одинаковых режимах: сварочный ток $I_{св} = 650$ А, напряжение на дуге $U_d = 34$ В, скорость сварки $V_{св} = 25$ м/ч с одной стороны и $I_{св} = 680$ А, $U_d = 34$ В, $V_{св} = 25$ м/ч – с другой. Из сваренных пластин вырезали образцы и выполняли рентгеноспектральный анализ состава металла швов, металлографические исследования металла сварных швов, определяли содержание общего кислорода в металле швов, значения механических свойств, твердость сварных соединений и ударную вязкость металла швов при температурах 20, –40 и –70 °С согласно требованиям Государственных стандартов и нормативных документов для резервуарных и мостовых металлоконструкций.

Определение химического состава металла сварных швов на содержание углерода, серы и фосфора проводили химическими методами по ГОСТ 12344 – 2003, ГОСТ 12345 – 2001, ГОСТ 12347 – 77 соответственно. Содержание легирующих элементов в металле шва, оксидов кальция, кремния, магния, алюминия, марганца, железа, калия, натрия и фтористых соединений во флюсах с добавками и в полученных после сварки шлаках определяли на рентгенофлюоресцентном спектрометре XRF-1800 фирмы SHIMADZU.

Опыты показали, что при использовании углеродфторсодержащей добавки в количестве до 6 % обеспечивается концентрация углерода в металле шва не более 0,12 %, что соответствует концентрации углерода в исходном металле (рис. 1).

Содержание серы и фосфора в металле шва, полученном при сварке под флюсом с добавками и без добавок, не изменялось и находилось в пределах 0,015 – 0,019 и 0,013 – 0,015 % соответственно, т.е. применение флюсов с добавками не повлияло на переход серы и фосфора из сформировавшегося шлака в металл.

Определение содержания кислорода методом восстановительного плавления на газоанализаторе фирмы «LECO» TC-600 показало, что массовая доля кислорода с повышением содержания добавки во флюсе уменьшалась (рис. 2), а проведенный фракционный газовый анализ показал, что в зависимости от окисленности и основности шлаковой системы происходит перераспределение кислорода во включениях. Распределение кислорода в силикатах, алюминатах, алюмосиликатах, по-видимому, связано с основностью полученного шлака и ассими-

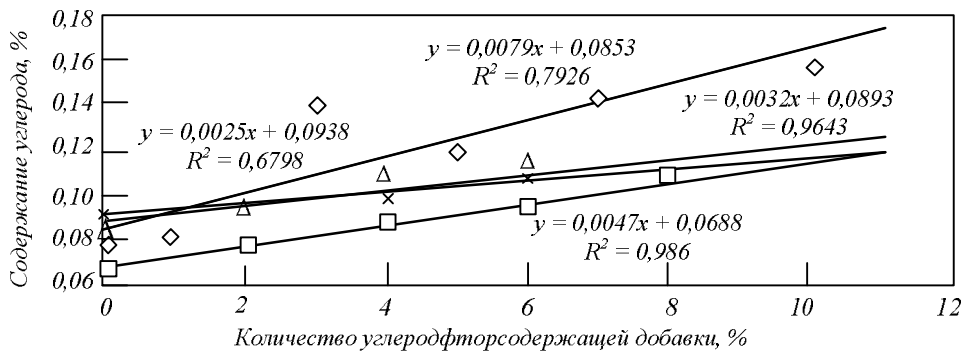


Рис. 1. Влияние количества углеродфторсодержащей добавки во флюс АН-348 (◇), АН-60 (□), АН-67 (Δ) и Flux OK 10.71 (×) на содержание углерода в металле сварного шва

ляцией неметаллических включений шлаком в зависимости от получаемой вязкости шлака. Наибольшее количество алюминатов и алюмосиликатов, неблагоприятно влияющих на физико-химические свойства металла сварного соединения, содержалось при сварке под флюсом АН-60 и Flux OK 10.71; при введении добавки наблюдалось снижение количества алюминатов и алюмосиликатов. При использовании флюсов АН-348 и АН-67 изменения были незначительны (рис. 3).

Металлографические исследования полированных микрошлифов металла сварных соединений проводили с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле при увеличениях 100 и 500. Микроструктуру металла выявляли травлением в 4 %-ом растворе HNO_3 в этиловом спирте. Структуру основного металла всех проб составляют зерна феррита и пластинчатого перлита (4 – 5 мкм). В переходной зоне от основного металла к наплавленному наблюдается мелкозернистая структура (1 – 2 мкм), образовавшаяся в результате рекристаллизации при нагреве в процессе сварки. В микроструктуре сварного шва присутствуют ферритные зерна, вытянутые в направлении отвода тепла вследствие нагрева

и ускоренного охлаждения. Заметного отличия структуры металла швов, выполненных под разными флюсами, не обнаружено. В образцах, сваренных под флюсами с углеродфторсодержащими добавками, наблюдалось снижение уровня загрязненности неметаллическими включениями, что связано с уменьшением общего содержания кислорода.

Изучение ударной вязкости при отрицательных температурах на образцах стали 09Г2С, вырезанных по ГОСТ 6996 – 66, показало, что экспериментальные значения значительно превышают требуемые по ГОСТ 31385 – 2008 и нормативные по РБ 03-69 «Руководство по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов» (ударная вязкость не менее 35 Дж/см²) и возрастает с увеличением количества углеродфторсодержащей добавки (рис. 4); такая же тенденция сохраняется и для стали 10ХСНД (ГОСТ 6713 – 91).

Выводы. При введении разработанной углеродфторсодержащей добавки во флюсы АН-348А, АН-60, АН-67 и Flux OK 10.71 снижается газонасыщенность металла сварного шва, уменьшается загрязненность оксидными неметаллическими включениями, увеличивается

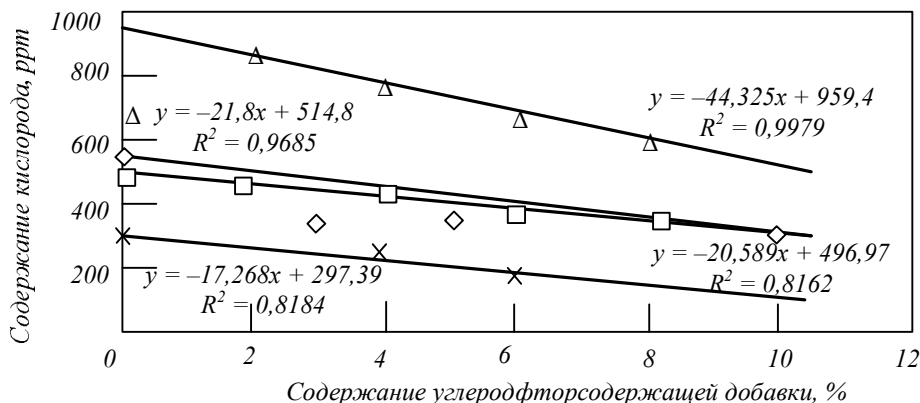


Рис. 2. Изменение количества общего кислорода во флюсах АН-348 (◇), АН-60 (Δ), АН-67 (□) и Flux OK 10.71 (×) в зависимости от количества углеродфторсодержащей добавки

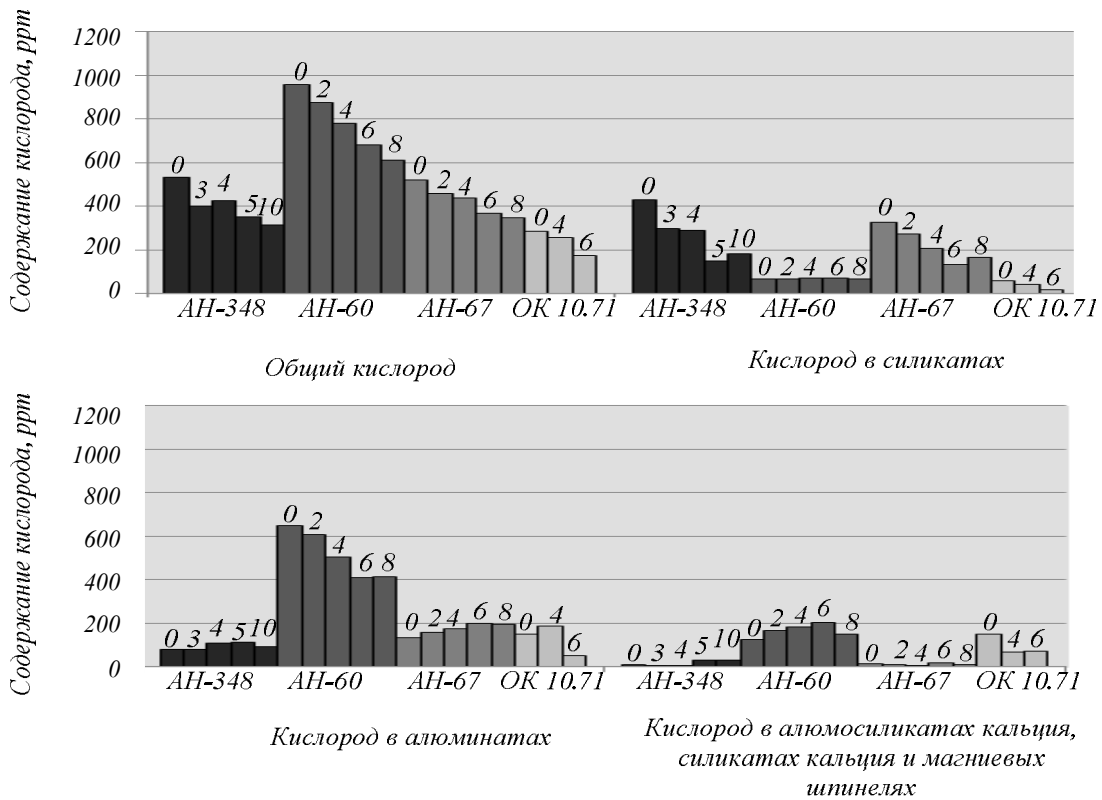


Рис. 3. Изменение концентрации общего и фракционного кислорода в зависимости от количества углеродфторсодержащей добавки (цифрами указано процентное содержание углеродфторсодержащей добавки)

ударная вязкость (особенно при отрицательных температурах). Производство углеродфторсодержащей добавки, защищенной патентом [7], освоено в условиях ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Старовацкая С.Н. и др. Влияние углеродфторсодержащих добавок для сварочных флюсов на свойства сварных швов // Изв. вуз. Черная металлургия. 2012. № 6. С. 26 – 29.

2. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Голдун З.В. и др. Использование углеродсодержащих добавок для сварочных флюсов // Изв. вуз. Черная металлургия. 2012. № 10. С. 35 – 38.
3. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е. и др. Влияние углерод- и фторсодержащих добавок в составе флюсов на содержание неметаллических включений и свойства сварных швов // Сварочное производство. 2012. № 12. С. 3 – 6.
4. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е. и др. Влияние флюса АН-60 с уг-

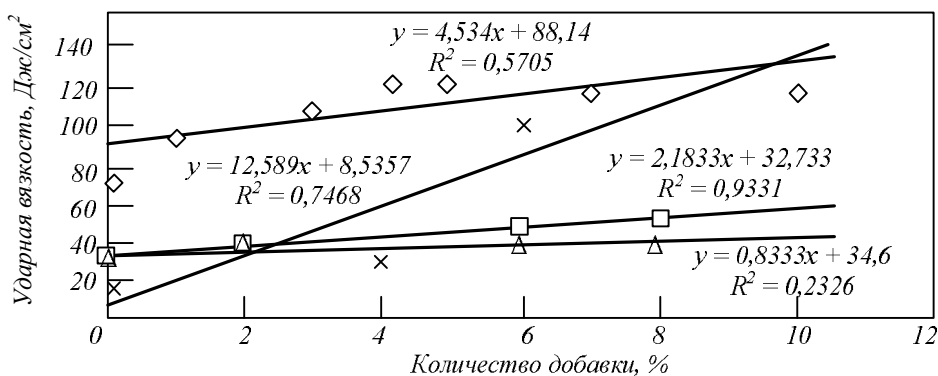


Рис. 4. Влияние количества углеродфторсодержащей добавки АН-348 (КСУ при $t = -40^\circ\text{C}$) (\diamond), АН-60 (КСВ при $t = -20^\circ\text{C}$) (\square), АН-67 (КСВ при $t = -20^\circ\text{C}$) (Δ) и Flux ОК 10.71 (КСУ при $t = -70^\circ\text{C}$) (\times) на ударную вязкость

леродфторсодержащей добавкой на качество сварных швов стали 09Г2С // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 4. С. 30 – 33.

5. К о з ы р е в Н.А., И г у ш е в В.Ф., К р ю к о в Р.Е. и др. Разработка добавок для сварочных флюсов при сварке низколегированных сталей // Сварочное производство. 2013. № 5. С. 9 – 12.
6. К о з ы р е в Н.А., И г у ш е в В.Ф., К р ю к о в Р.Е., Р о о р А.В. Исследование влияния введения углеродфторсодержащей добавки во флюс АН-67 на свойства метал-

ла сварных швов стали 09Г2С // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 8. С. 33 – 36.

7. Пат. 2484936 РФ. Керамический флюс-добавка / Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е., Голдун З.В.; ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет». Заявл. 13.02.2012; опубл. 20.06.2013.

© 2013 г. Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков,
А.В. Роор

Поступила 10 декабря 2013 г.

И.А. Поздеев

ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» ООО «Шахта «Есаульская»

АНАЛИЗ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Стратегия развития угольной отрасли неразрывно связана с увеличением нагрузок на подземные очистные забои и проектированием выемочных участков мощностью не менее 2 – 3 млн. т угля в год. Однако техническое перевооружение, ориентированное на высокопроизводительную технику, с одновременным увеличением глубины ведения горных работ вызвали значительный рост метановыделения в горные выработки шахт. В этих условиях безопасная отработка метанодносных пластов угля выполняема лишь при использовании эффективных методов управления газовой выделением на выемочных участках [1 – 3, 5].

Существующие способы управления метановыделением можно разделить на три основные группы: горнотехнические, средствами вентиляции, дегазация. В первом случае управление газовой выделением осуществляется за счет изменения параметров системы разработки, порядка отработки пластов в свите, управления горным давлением. Эти способы в ряде случаев являются высокоэффективными, но жесткая связь с технологией не позволяет осуществлять оперативное управление газовой выделением. При использовании этих способов необходимы большие трудовые и экономические затраты, сопоставляемые с затратами на реконструкцию, а продолжительность перехода от одного способа к другому может достигать нескольких лет [2].

В настоящее время одним из основных методов борьбы со скоплением метана является вентиляция шахт. Это выражается в том, что ее доля в удалении газа из шахты редко бывает менее 70 – 75 % даже при самом усиленном применении дегазации. Управление газовой выделением вентиляцией основывается на выборе рациональных схем проветривания выемочных участков, регулировании утечек воздуха через выработанное пространство, а также применении изолированного отвода метановоздушных смесей по специальным выработкам [1, 2, 6].

Вследствие увеличения глубины ведения горных работ вентиляция как основной способ

борьбы с газовой выделением имеет определенные ограничения. Анализ возможных путей интенсификации горных работ и практика применения в различных горно-геологических условиях свидетельствуют, что наиболее эффективным является борьба с газом средствами дегазации.

Опыт дегазации в угольных бассейнах России показал, что применение этого активного способа управления газовой выделением способствует созданию безопасных условий труда в угольных шахтах. Основным способом дегазации источников метановыделения являются дегазационные скважины, пробуренные веером, параллельно или навстречу движения очистного забоя, а также в купола обрушения выработанного пространства и пласты-спутники [1, 7, 8, 4, 5]. На эффективность работы дегазационных скважин большое влияние оказывает напряженно-деформированное состояние массива разрабатываемого пласта. На рис. 1 показаны участки различного напряженного состояния пласта $I - 5$, изменение вертикальной составляющей σ_y горного давления, на участках пласта $I' - 5'$ и на кромке пласта, вскрытого скважиной $1'c - 2'c - 3'c - 5'$, а также качественное изменение газовой выделении g в скважину, пробуренную в плоскости пласта, от времени t и расстояния L .

Видно, что на газовой выделении в скважину большое влияние оказывает опорное давление, возникающее в результате перераспределения напряженного состояния горных пород. Под влиянием опорного горного давления снижается пористость пласта и ухудшаются условия для миграции флюидов газа к дегазационной скважине, что приводит к снижению эффективности дегазации [1, 9]. При значениях горного давления, превышающих прочностные свойства угля, происходит образование систем трещин в горном массиве, которые создают условия для ламинарного движения флюидов газа, что является причиной повышения каптажа метана дегазационной скважиной.

Для эффективного прогнозирования дебита метана в дегазационных скважинах необходимо

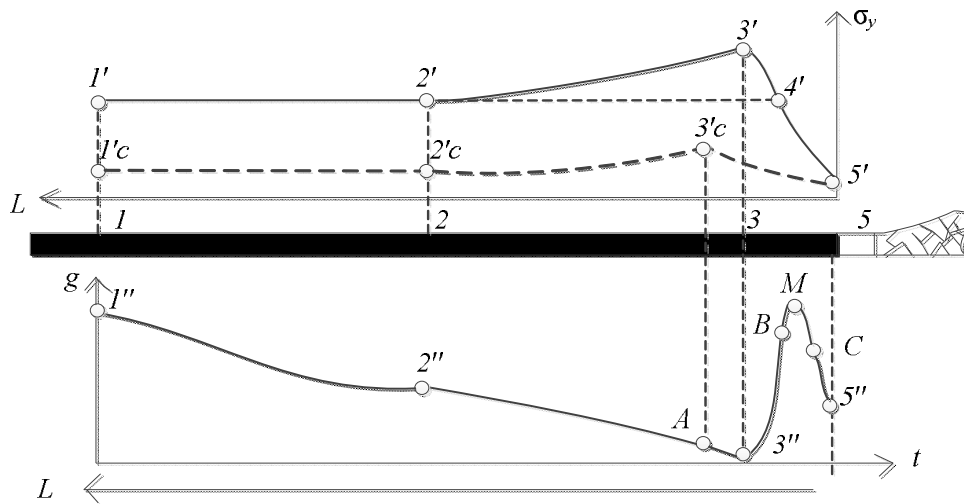


Рис. 1. Газовыделение в дегазационную скважину 1' – 5', функционирующую в зонах пласта с различным напряженным состоянием массива 1'' – 5'' [1]

прогнозировать параметры опорного давления, которые зависят от глубины ведения горных работ, мощности угольного пласта и физико-механических свойств угля.

Дегазация источников метановыделения осуществляется в соответствии с действующими «Инструкциями по дегазации угольных шахт» [10].

На основании анализа имеющегося опыта дегазации источников метановыделения и научных исследований можно сделать выводы о том, что теоретические основы закономерности формирования зон газодинамических явлений в массивах горных пород в зоне опорного давления не разработаны до уровня практического применения.

В результате отработки угольного пласта нарушается метастабильное состояние пластов-спутников и вмещающих пород. Образуются системы трещин, по которым флюиды мигрируют в выработанное пространство очистного забоя и прилегающие к нему горные выработки [7]. Согласно модели газовыделения, начало увеличения выделения газа в скважину соответствует началу разгрузки пласта от горного давления, а максимальное газовыделение наблюдается в разгруженной зоне. При дегазации пластов-спутников важно правильно определить зону повышенного газовыделения, которая зависит от горно-геологических и горно-технических факторов [1, 4].

Комплексными исследованиями установлено, что взаимосвязь между снижением давления метана в подрабатываемых пластах и ростом интенсивности газоотдачи в скважины (рис. 2) в значительной степени зависит от мощности пород между пластами [1, 4].

Полученные результаты наблюдений за смещениями пород в районе сближенных пластов и газовыделением из них позволяют утверждать, что максимальное газовыделение из скважин и максимальная разгрузка сближенных пластов происходят примерно в одно и то же время после их подработки или надработки. Одним из основных факторов, определяющих зону активной газоотдачи соседних пластов, является величина шага обрушения вмещающих породных толщ. Наличие в над- или подрабатываемом массиве крепких пород способствует увеличению протяженности зоны активного газовыделения и, наоборот, наличие легко обрушающихся пород сокращает размеры зоны [4, 5].

Известные модели описывают газодинамические процессы в разрабатываемом пласте и пластах-спутниках при равномерном движении очистного забоя, но практически не изучена закономерность формирования газового коллектора от скорости движения очистного забоя.

Нарушение метастабильного состояния насыщенного газом углепородного массива в зоне сдвижения отрабатываемого, подрабатываемых и надрабатываемых пластов является основной предпосылкой для создания комплексной системы управления газодинамическими и геомеханическими процессами [11].

На рис. 3 – 5 представлены пространственно-временные модели выделения метана из отрабатываемого пласта и пластов-спутников, отражающие характер формирования газового коллектора. Видно, что модели форм газовых коллекторов по разработанным алгоритмам Б.Г. Тарасова, В.А. Колмакова, Ю.П. Ванжи и других авторов имеют различия, что свидетельствует о недостаточной изученности зако-

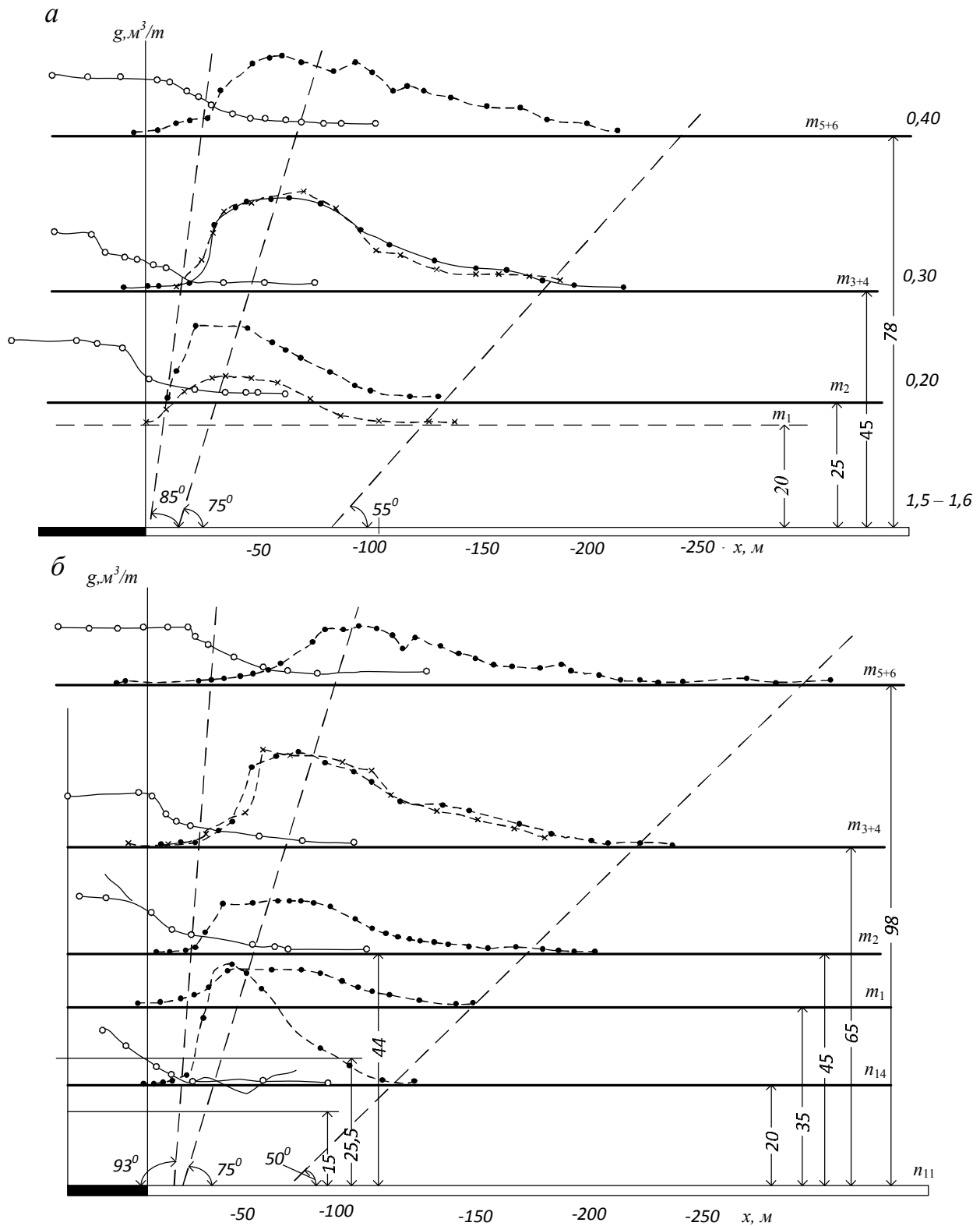


Рис. 2. Графики зависимостей динамики газового давления (—○—), газоотдачи q (—●—) и оседания пород (—×—) от опережения забоя x при подработке пологих угольных пластов на шахте Воркутского месторождения: а – при разработке пласта Первый; б – при разработке пласта Четвертый [4]

номерностей формирования газового коллектора выработанного пространства. И в большинстве случаев газопроницаемость углеродной толщи и пути миграции метановоздушной смеси изучены при равномерном дви-

жении очистного забоя или его длительной остановки.

По результатам проведенного анализа имеющегося опыта управления метановоздушной смесью в зоне влияния очистных работ обоснованы следующие выводы.

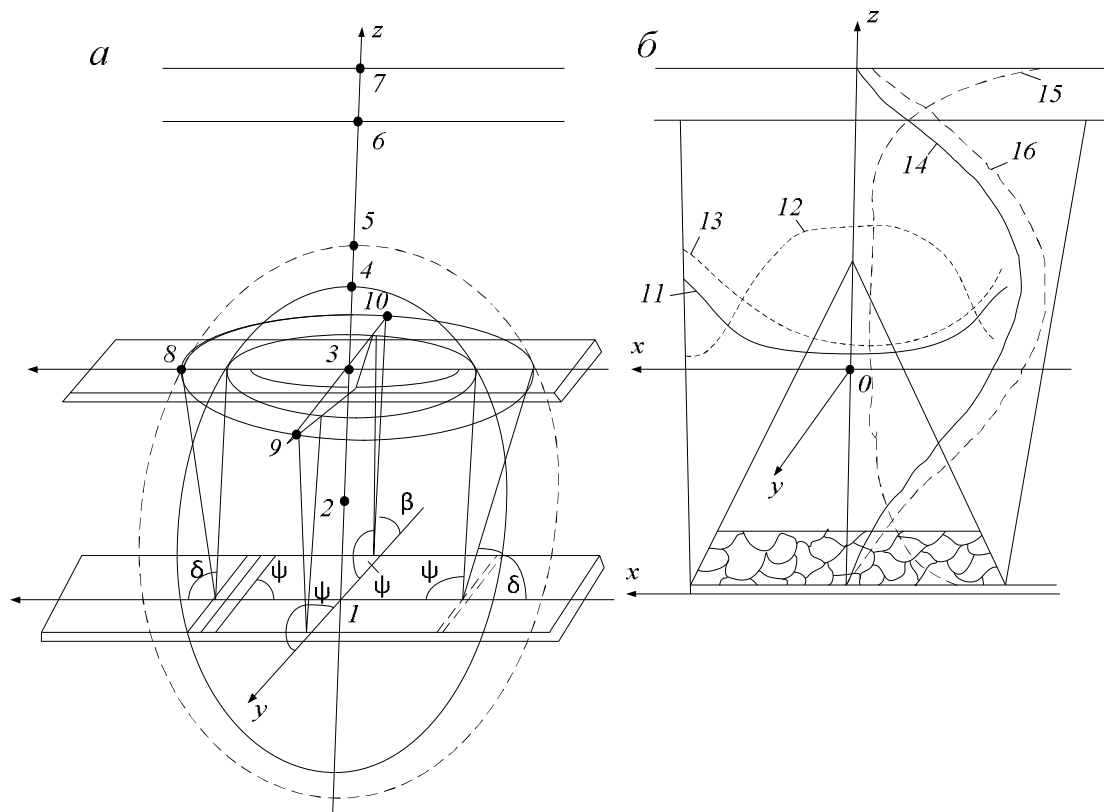


Рис. 3. Схемы к определению параметров зоны разгрузки (а) и газовыделения (б) в подработанном массиве: 1 – 2 – зона обрушенных пород; 1 – 5 – зона полной разгрузки пород; 4 – 5 – зона смещений пород; 1 – 7 – глубина горных работ; 6 – 7 – зона газового выветривания; 3 – 8 – зона газового истощения толщи по простиранию; 9 – 10 – зона газоотдачи пласта-спутника по падению; 11, 14 – газовое давление в пласте-спутнике; 12, 15 – газопроницаемость пласта-спутника; 13, 16 – сопротивление пласта-спутника движению газа [12]

Выводы. Необходимо изучить закономерности аэро-газодинамических процессов в массивах горных пород, горных выработках и выработанных пространствах, а также закономерности обрушения и разгрузки пород подработанной толщи и их влияние на эффективную работу очистных комплексно-механизированных забоев (КМЗ) при их неравномерном движении. Необходимо установить закономерности формирования газового коллектора в выработанном

пространстве при отработке свиты пластов с учетом цикличности обрушения пород кровли при условиях неравномерной скорости движения очистного забоя. Для выбора оптимальных технологических параметров выемочного участка и режимов движения очистного КМЗ необходимо разработать методику прогноза миграции метановоздушной смеси при неравномерном движении очистного забоя.

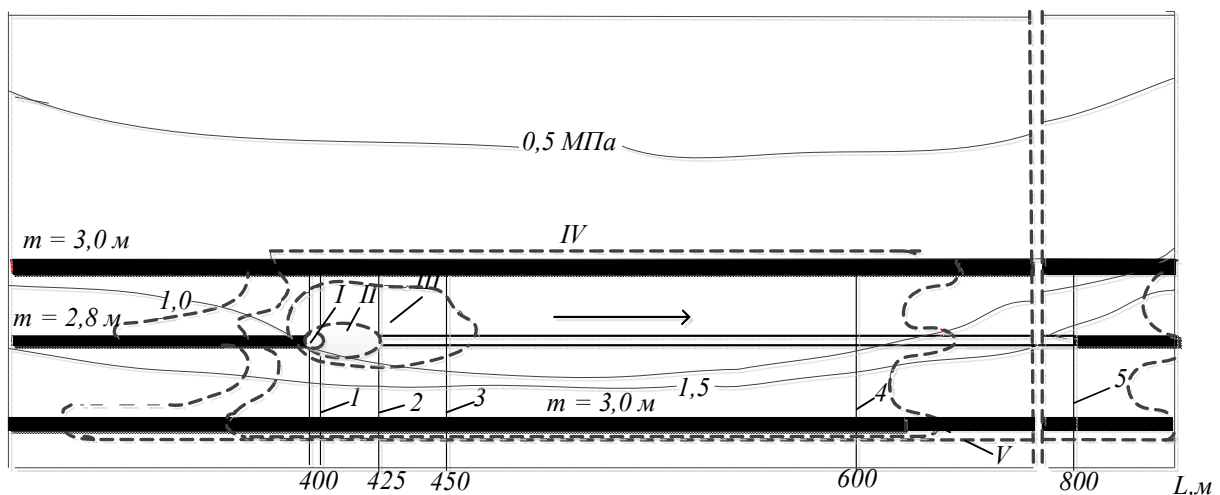


Рис. 4. Характер формирования зон дегазации при различном положении очистного забоя: 1, 2, 3, 4, 5 – положение забоя; I, II, III, IV, V – контур зоны дегазации [3]

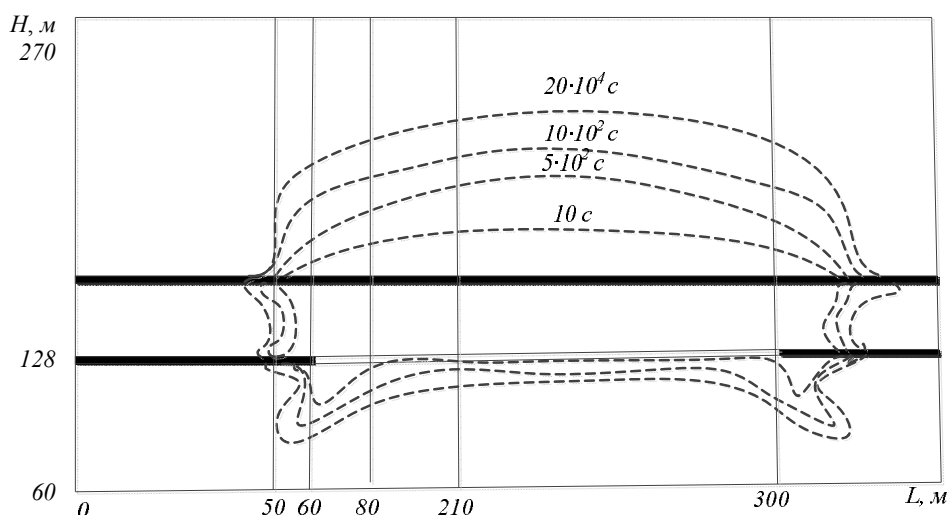


Рис. 5. Схема изменения зоны активной фильтрации во времени [3]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов: Справочное пособие / А.Д. Рубан, В.Б. Артемьев, В.С. Забурдяев и др. – М.: Горная книга, 2010. – 500 с.
2. Пучков Л.А., Сластун С.В., Колликов К.С. Извлечение метана из угольных пластов. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2002. – 383 с.
3. Ванжа Ю.П. Прогнозирование газовыделения и управление газопылевоздушной средой в шахтах. – Томск: Изд-во Томского университета, 1995. – 147 с.
4. Айруни А.Т. Теория и практика борьбы с рудничными газами на больших глубинах. – М.: Недра, 1981. – 335 с.
5. Морев А.М., Евсеев И.И. Дегазация сближенных пластов. – М.: Недра, 1975. – 168 с.
6. Мясников А.А., Колотовкин Л.Д. Борьба с газом в очистных выработках шахт. – Кемерово: Кемеровское кн. изд-во, 1975. – 108 с.
7. Дегазация метаноносных угольных пластов и вмещающих пород на шахтах Кузбасса. История. Действительность. Будущее: Монография / А.В. Ремезов, В.Г. Харитонов, А.И. Жаров и др. – Кемерово: изд. КузГТУ, 2012. – 848 с.
8. Дегазация угольных пластов на шахтах Кузбасса: Брошюра / Светлаков Ю., Розанцев Е., Умрихин А. и др. – Кемерово: Кемеровское кн. изд-во, 1966. – 113 с.
9. Сергеев И.В., Ходыкин В.П. Закономерности газовыделения в дегазационные пластовые скважины // Рудничная аэрология: Сб. науч. трудов. Вып. 115. – М.: Изд-во ИГД им. А.А. Скочинского, 1974. С. 3 – 6.
10. Инструкция по дегазации угольных шахт. Утверждена Ростехнадзором 01.12.2011. – М., 2011. – 226 с.
11. Фрянов В.Н., Павлова Л.Д., Ногих С.Р. Модель дезинтеграции углепородного массива и формирования газового коллектора в зоне сдвижения // Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: Сб. науч. статей. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2007. С. 21 – 28.
12. Колпаков В.А. Метановыделение и борьба с ним в шахтах. – М.: Недра, 1981. – 134 с.

© 2013 г. И.А. Поздеев
Поступила 3 декабря 2013 г.

А.М. Никитина

Сибирский государственный индустриальный университет

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НЕОДНОРОДНОГО УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Переход на большие глубины при разработке полезных ископаемых требует дополнительных исследований по изучению деформационных и прочностных свойств углепородного массива в постоянно усложняющихся геомеханических условиях.

Под влиянием высоких напряжений возрастает степень нарушенности массива горных пород. Это, в свою очередь, усложняет условия поддержания выработок и отработки полезного ископаемого.

В настоящее время для изучения процессов, протекающих в реальном углепородном массиве, широко применяется численный метод конечных элементов (МКЭ) [1]. Но этот метод имеет некоторые недостатки при решении трехмерной задачи: алгоритм метода позволяет вычислить параметры напряженно-деформированного состояния (НДС) углепородного массива с достаточной достоверностью лишь на линейном или допредельном участках диаграммы напряжения и деформации, а на участках запредельного деформирования указанные параметры отличаются на порядок [2].

В связи с этим для получения результатов вычислений методом конечных элементов, адекватных реальным геомеханическим про-

цессам, при постановке исследований процессов деформирования неоднородного углепородного массива предлагается использовать метод трехмерной дискретизации геомеханической модели неоднородного массива горных пород с последовательным выделением вложенных областей и подобластей для получения размеров конечных элементов, кратных размерам объектов систем разработки. Увеличение рассматриваемой области повысит точность решения. Указанный метод изложен в работах А.Б. Фадеева, Л.Д. Павловой [1, 3].

В настоящей работе предлагается следующий алгоритм решения трехмерной задачи. На первом этапе решается трехмерная задача с большим шагом дискретизации. С помощью диагональных плоскостей выделяются область и подобласть исследования (см. поз. *а* рисунка). Область и подобласть исследования разбиваются на крупные элементы, и производится расчет параметров НДС с использованием стандартных процедур МКЭ. На втором этапе проводится решение уже только для диагональной подобласти, которая разбивается на более мелкие элементы, а узловые перемещения по контуру подобласти, полученные в первом решении, вводятся как заданные граничные условия для повторного решения (см. поз. *б* рисунка). На

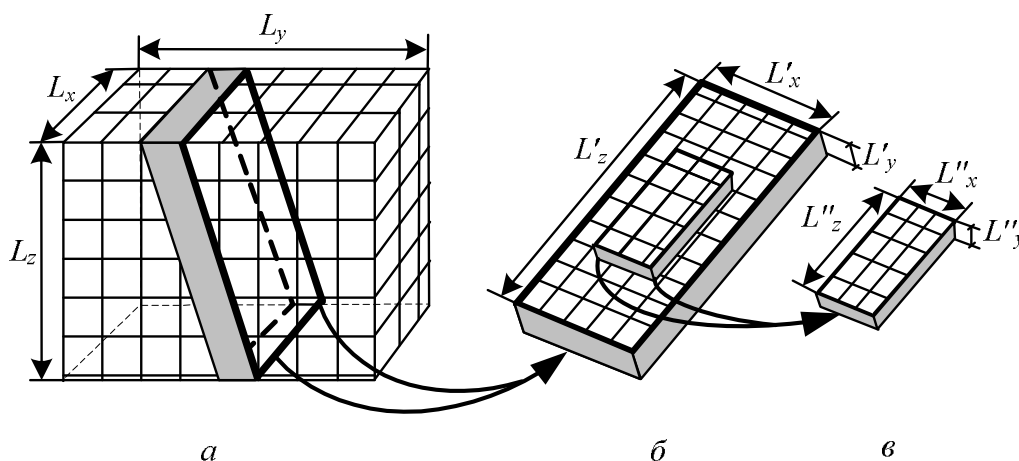


Схема выделения вложенных областей и подобластей:
а, б, в – первый, второй, третий этапы выделения

третьем этапе возможно сужение ширины неплоского сечения и уменьшение шага дискретизации на участке модели, где требуется более точное изучение (см. поз. в рисунка), т.е. описанная процедура фрагментации должна повторяться до получения необходимой степени детализации объекта исследования.

Выводы. Метод вложенных диагональных областей и подобластей позволит достичь высокой точности при относительно небольшом числе конечных элементов, что весьма актуально при решении трехмерных задач. Методика позволит изучить геомеханические процессы в разрушаемом структурно-неоднородном углепородном массиве, оценить напряженно-деформированное состояние и определить его влияние на устойчивость горных выработок при отработке угольных месторождений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ф а д е е в А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.
2. К о р н е в Е.С. Методика оценки адекватности математической модели прогноза смещений пород кровли реальным геомеханическим процессам. – В кн.: Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: Сб. науч. статей / Под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2010. С. 203 – 207.
3. П а в л о в а Л.Д. Моделирование геомеханических процессов в разрушаемом углепородном массиве. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2005. – 239 с.

© 2013 г. А.М. Никитина
Поступила 12 декабря 2013 г.

А.Н. Смирнов, Н.В. Абабков, С.В. Фольмер

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

НОВАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И РЕСУРСА ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА И СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО- ОПАСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Вопросам безопасной эксплуатации технических устройств опасных производственных объектов (ТУОПО) во всем мире уделяется повышенное внимание. В России эта проблема особенно актуальна, так как более 60 % промышленного оборудования отработало расчетный срок, а в энергетике – более 80 %. Повреждения ТУОПО могут привести и приводят к авариям и техногенным катастрофам с человеческими жертвами. За последние 10 лет можно привести достаточное количество примеров [1]. С целью оценки технического состояния потенциально-опасного оборудования в России была создана система экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ), применение которой позволяет с достаточной степенью достоверности определять его работоспособность. Одной из составляющих ЭПБ является диагностирование и неразрушающий контроль основного металла и сварных соединений. Применение разрушающих методов для оценки микроструктуры и механических характеристик требует вырезки образцов для испытаний из действующего оборудования, поэтому эти методы практически не применяются. Следовательно, результаты неразрушающего контроля являются определяющими при экспертизе промышленной безопасности потенциально-опасного оборудования.

Существующий в настоящее время подход к оценке работоспособности металла ТУОПО отличается большим многообразием руководящих документов, методов, методик и средств исследований и испытаний. Все это значительно затрудняет процесс диагностирования и не всегда позволяет правильно оценить состояние технических устройств и, следовательно, надежно определить ресурс и прогнозировать срок их службы. Неразрушающий контроль в задачах оценки ресурса и работоспособности ТУОПО ориентирован главным образом на выявление уже существующих и развивающихся очагов разрушения, он не дает возможности выявлять стадии зарождения микрповреждений и оценивать характер из-

менения структурно-фазового состояния металла. Проблема усугубляется отсутствием научно обоснованной концепции надежного прогнозирования работоспособности длительно-работающего металла. Поэтому очевидна необходимость разработки нового методологического подхода к оценке работоспособности металла ТУОПО, основанного на выявлении закономерностей эволюции структурно-фазового состояния и изменения физико-механических характеристик неразрушающими физическими методами исследования.

В процессе длительной эксплуатации потенциально-опасного оборудования в сложных напряженных условиях, зачастую в агрессивных средах, в основном металле и в металле сварных соединений происходят различные физико-химические процессы, вызывающие ползучесть, усталость, коррозию. В реальных условиях эти явления трудно отделить друг от друга, они чаще всего совместно протекают в металле (например, термоусталость, коррозионно-термическая усталость, усталость в условиях ползучести и др.).

Ранее установлено [2 – 6], что физико-химические процессы, протекающие в металле, приводят к изменению структурно-фазового состояния, в частности, в теплоустойчивых сталях происходит перераспределение легирующих элементов между твердым раствором и карбидами. В этих сталях (например, 12Х1МФ) упрочнение при термической обработке может происходить по трем механизмам:

- в результате фазового наклепа при $\gamma \rightarrow \alpha$ превращении;
- дисперсионного твердения частицами второй фазы;
- взаимодействия атомов легирующих элементов с дислокациями в твердом растворе.

В процессе эксплуатации таких сталей в течение длительного времени при высоких температурах изменяется вклад каждого механизма упрочнения. Вклад от упрочнения твердого раствора с увеличением времени эксплуатации

(или старения) уменьшается, что связано с переходом молибдена в карбидную фазу; вклад от упрочнения частицами второй фазы практически не изменяется вследствие действий двух одновременно протекающих процессов – коагуляции частиц упрочняющей фазы и выделения новых высокодисперсных частиц карбида металла MeC в результате «подстаривания». Первый процесс снижает эффект от упрочнения, а второй приводит к дополнительному упрочнению. На более поздних стадиях эксплуатации (более 100 тыс. ч) коагуляция частиц становится основным фактором, приводящим к снижению эффекта дисперсионного твердения. Вклад от фазового наклепа в общее упрочнение, определяющийся плотностью дислокаций, закрепленных карбидами MeC , меняется в зависимости от условий эксплуатации (действующих напряжений и др.), его изменение определяется главным образом термической устойчивостью карбидов MeC .

Авторами работ [7 – 9] показано, что при локальной перестройке дислокационной структуры во время эксплуатации ТУОПО происходит образование новых источников дальнедействующих полей внутренних напряжений, и изменение этих полей характеризует работоспособность металла. Установлены зависимости между длительной прочностью хромомолибденованадиевых сталей и величиной локальных полей внутренних напряжений. В исследованиях [6, 8] с применением электронной микроскопии доказано, что для конструкционных сталей величина локальных полей внутренних напряжений и характер распределения их источников являются важнейшими показателями работоспособности и оценки ресурса потенциально-опасного оборудования. Отсюда, разработка методов неразрушающего контроля для оценки локальных полей внутренних напряжений – важнейшая проблема, которая была частично решена акустическими методами.

Для решения поставленных задач в Нижнем Новгороде была разработана принципиально новая акустическая система «АСТРОН» в соответствии с концепцией развития диагностики и прогнозирования разрушения ТУОПО и сварных конструкций. Основные задачи:

- разработка теории и методов прогноза несущей способности сварных конструкций на основе исследований разрушения материала и конструкций и сопутствующих ему распространяющихся упругих колебаний – носителей информации о процессах, протекающих в материале при разрушении;

- разработка математического обеспечения для обработки поступающей в аппаратуру информации; разработка теории, методов, алгоритмов и программ, связанных с прогнозированием и принятием решения о состоянии конструкции; разработка и совершенствование информационно-измерительных систем, предназначенных для анализа прогнозирующей информации.

В основу работы аппаратной части системы положен способ подробной регистрации всей серии отраженных акустических импульсов для ее последующей обработки средствами программной части системы.

Для передачи первичной акустической информации в обрабатываемую часть системы (компьютер типа NOTEBOOK) производится последовательное преобразование осциллограммы отраженных импульсов с определенным шагом дискретизации с момента зондирования исследуемого материала и до прихода n -го отраженного импульса.

Экспериментальные исследования показали, что оптимальной величиной для шага дискретизации является 5 – 10 нс. Эта величина позволяет в рамках решаемых задач обеспечить относительную погрешность определения временных параметров, не превышающую значения 10^{-5} .

Авторам работ [9 – 11] удалось доказать, что время задержки поверхностных акустических волн (ПАВ) является надежным параметром, характеризующим изменение локальных полей внутренних напряжений. Так, например, с увеличением величины локальных внутренних полей напряжений (средней кривизны-кручения кристаллической решетки) происходит рост времени задержки ПАВ, что объясняется ослаблением ультразвуковых колебаний на источниках (концентраторах) внутренних полей напряжений.

На основе ряда исследований установлено (рис. 1), что с уменьшением длительной прочности теплоустойчивых сталей происходит рост времени задержки ПАВ, вызванный увеличением плотности источников внутренних полей напряжений. Максимальному времени задержки ПАВ соответствуют минимальные прочностные характеристики и минимальная длительная прочность.

Результаты исследований показывают высокую чувствительность спектрально-акустического метода к определению изменений параметров микроструктуры (плотности дислокаций, средней амплитуды кривизны-кручения и плотности экстинкционных контуров).

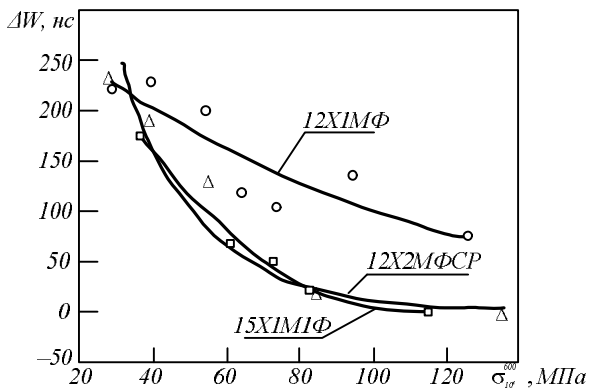


Рис. 1. Влияние длительной прочности теплоустойчивых сталей на время задержки ПАВ

Таким образом, применение спектрально-акустического метода позволило разработать комплексный критерий предельного состояния длительно-работающего металла:

$$K_f = \frac{W_\tau - W_0}{W_f - W_0} \frac{W_f}{W_\tau} \gamma, \quad (1)$$

который определяется временем задержки ПАВ в металле с исходным состоянием структуры (W_0), в металле, исчерпавшем свой ресурс работоспособности (W_f), и в контролируемом металле (W_τ); здесь γ – коэффициент, учитывающий материал контролируемого элемента. Комплексный критерий предельного состояния (K_f) апробирован на ряде разрушенных элементов энергооборудования. Экспериментально доказано, что при $K_f \geq 0,7$ металл достигает предельного состояния.

Комплексный критерий предельного состояния применен при ЭПБ длительно-работающих

и разрушенных гнутых участков трубопроводов из сталей 20, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф и труб поверхностей нагрева из стали 12Х2МФСР котлоагрегатов ряда электростанций Сибири. Получено хорошее совпадение результатов различных испытаний и расчетов с акустическими измерениями.

Для сварных соединений паротрубопроводов проводили комплекс специальных исследований. С применением методов электронной микроскопии изучали структуру, фазовый состав и внутренние напряжения в сварных соединениях из стали 20 и 12Х1МФ [12, 13] после различных сроков эксплуатации (рис. 2) и поврежденные соединения.

Анализ результатов акустических измерений сварных соединений паропроводов из стали 12Х1МФ показал, что наибольшее время задержки ПАВ зарегистрировано на участках образцов с максимальной величиной поля внутренних напряжений. После комплекса исследований было установлено, что в сварных соединениях паропроводов поля внутренних напряжений оказывают существенное влияние на акустические характеристики, в частности на время задержки ПАВ. При исследовании сварных соединений была обнаружена анизотропия акустических характеристик. При этом замеряли время задержки ПАВ на поверхности сварного соединения, находящегося в исходном состоянии, и на поверхности исследуемого сварного соединения. Под исходным состоянием сварного соединения понимается сварное соединение, выполненное из тех же основных и сварочных материалов по той же технологии, что и контролируемое.

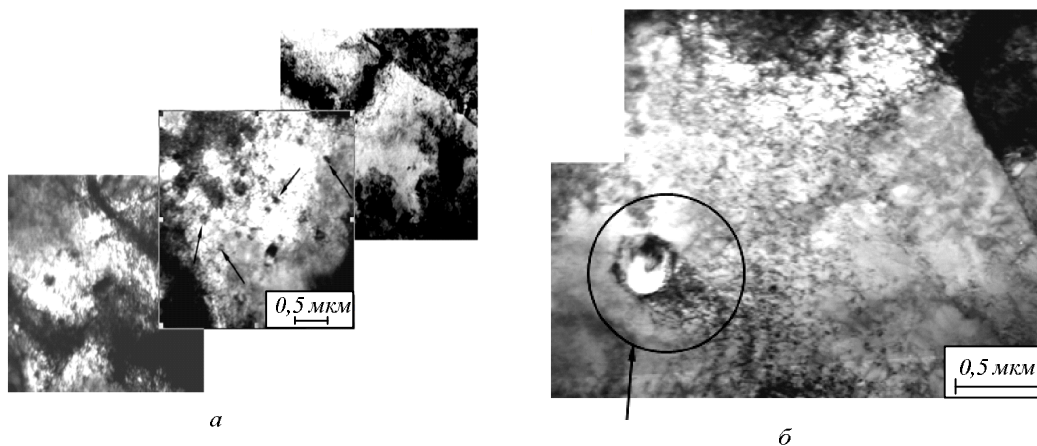


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры стали 12Х1МФ: *а* – ферритное зерно, присутствуют частицы карбида $Me_{23}C_6$, не связанные с дислокациями (основной металл); *б* – ферритное зерно, присутствует частица карбида $Me_{23}C_6$ (металл шва)

Разработан критерий оценки ресурса сварных соединений (K), который выражается формулой

$$K = \frac{R_{01}R_{02}}{R_{t01}R_{t02}}, \quad (2)$$

где R_{01} и R_{02} – среднестатистическое время задержки ПАВ, поляризованной вдоль сварного соединения и перпендикулярно сварному соединению (исходное состояние), нс; R_{t01} и R_{t02} – среднестатистическое время задержки ПАВ, поляризованной вдоль и перпендикулярно сварному соединению контролируемых элементов, нс.

Критерий апробирован на ряде электростанций Кузбассэнерго. Экспериментально доказано, что при $K \leq 0,98$ металл сварных соединений выработал свой ресурс, необходимо проведение ремонтно-восстановительных мероприятий (рис. 3).

Результаты исследований сварных соединений спектрально-акустическим методом положены в основу разработки методических рекомендаций по оценке ресурса сварных соединений трубопроводов потенциально-опасного оборудования. Методические рекомендации и комплексный критерий оценки ресурса сварных соединений реализованы при техническом диагностировании более 100 сварных соединений трубопроводов электростанций совместно с ОАО «Инженерно-аналитический центр «Кузбасстехэнерго» и ООО «Кузбасский инженерно-консультационный диагностический центр «Надежность».

Выводы. Разработана новая методология, основанная на выявлении закономерностей изменения структурно-фазового состояния и полей внутренних напряжений в длительно-ра-

ботающем металле и в сварных соединениях потенциально-опасного оборудования топливно-энергетического комплекса спектрально-акустическим методом. Разработаны комплексный акустический критерий предельного состояния металла энергооборудования и критерий оценки ресурса сварных соединений, которые нашли применение на ряде энергетических предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К л ю е в В.В. Деградация диагностики безопасности. – М.: Издательский дом «Спектр», 2012. – 128 с.
2. Л а н с к а я К.А. Жаропрочные стали. – М.: Металлургия, 1969. – 245 с.
3. К о н е в а Н.А., К о з л о в Э. В. Природа субструктурного упрочнения // Изв. вуз. Физика. 1982. № 8. С. 3 – 14.
4. К о н е в а Н.А., К о з л о в Э.В., Т р и ш к и н а Л.И., Л ы ч а г и н Д.В. Дальнействующие поля напряжений, кривизна-кручение кристаллической решетки и стадии пластической деформации. Методы измерений и результаты // Новые методы в физике и механике деформируемого твердого тела. Труды международной конференции. – Томск: изд. ТГУ, 1990. С. 83 – 93.
5. И в а н о в Ю.Ф., Л ы ч а г и н Д.В., Г р о м о в В.Е. и др. Мезоскопическая субструктура и электроимпульсное подавление усталостного разрушения // Физическая мезомеханика. 2000. № 1. Т. 3. С. 103 – 108.
6. С м и р н о в А.Н., Х а п о н е н Н.А., Ч е л ы ш е в А.Н., М е д в е д е в С.Н. Оценка состояния длительно-работающего металла технических устройств опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. 2004. № 3. С. 28 – 31.
7. С м и р н о в А.Н., Б л ю м е н ш т е й н В.Ю., К р е ч е т о в А.А., Х а п о н е н Н.А. Использование УЗ-сигналов для идентификации НДС // Безопасность труда в промышленности. 2002. С. 32 – 36.
8. С м и р н о в А.Н., К о з л о в Э.В. Субструктура, внутренние поля напряжений и проблема разрушения паропроводов из стали 12Х1МФ. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2004. – 163 с.
9. С м и р н о в А.Н., М у р а в ь е в В.В., Х а п о н е н Н.А. Акустический критерий предельного состояния длительно-работающего металла технических уст-

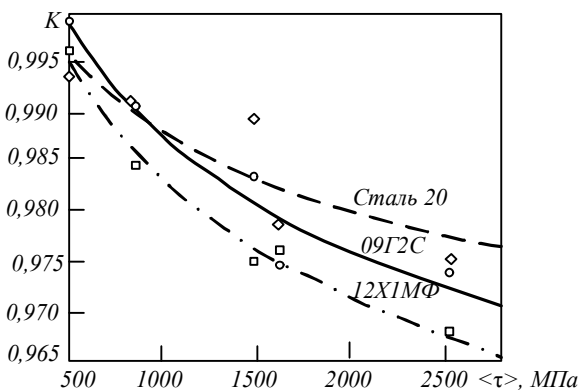


Рис. 3. Связь критерия K оценки ресурса сварных соединений с амплитудой локальных (моментных) напряжений τ

- роиств опасных производственных объектов // Контроль. Диагностика. 2004. № 5. С. 19 – 23.
10. Смирнов А.Н., Муравьев В.В., Фольмер С.В. Структурно-фазовое состояние и ресурс длительно работающего металла технических устройств опасных производственных объектов, перспективы дальнейшего развития методов оценки работоспособности // Контроль. Диагностика. 2009. № 1. С. 22 – 32.
11. Смирнов А.Н., Муравьев В.В., Кононов П.В. и др. Жаропрочность и поля внутренних напряжений в теплоустойчивых сталях // Контроль. Диагностика. 2009. № 2. С. 45 – 51.
12. Смирнов А.Н., Фольмер С.В., Абабков Н.В. Локальные поля внутренних напряжений в сварных соединениях, спектрально-акустический метод их выявления и синергетический подход к материаловедению // Вестник КузГТУ. 2009. № 3. С. 28 – 38.
13. Смирнов А.Н., Фольмер С.В. Влияние исходной структуры и физико-механических свойств конструкционных сталей на их акустические характеристики // Вестник КузГТУ. 2008. № 3. С. 73 – 75.

© 2013 г. А.Н. Смирнов, Н.В. Абабков,
С.В. Фольмер
Поступила 29 ноября 2013 г.

УДК 662.8

*В.И. Багрянец, С.А. Бровченко, А.П. Подольский, А.А. Рыбушкин, М.В. Темлянец,
С.А. Казмиров*

Сибирский государственный индустриальный университет

РАЗРАБОТКА АГРЕГАТА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО СЖИГАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ ПОТОКЕ ВОЗДУХА

К настоящему времени в Кузбассе накоплено значительное количество отходов обогащения угля. Это связано с несовершенством действующих на углеобогащительных фабриках технологий, поскольку в отходах углеобогащения содержание угля может достигать 25 % и более. Отходы углеобогащения, хотя и содержат значительное количество угля, но в качестве топлива имеют крайне ограниченную область применения, поскольку характеризуются высокой зольностью, влажностью и мелкодисперсным гранулометрическим составом [1]. Большинство современных котельных установок не предназначены для работы на таком виде топлива. Для слоевого сжигания отходов углеобогащения требуется их окомкование или брикетирование. Сжигание дисперсного топлива в кипящем слое, открытом факеле или приготовление на его основе водугольных суспензий значительно усложняет и удорожает конструкцию котельного агрегата или требует соответствующей топливподготовки [2], что снижает привлекательность отходов углеобогащения как относительно пространственного и дешевого вида топлива.

В связи с этим в Сибирском государственном индустриальном университете проведены исследования по разработке тепловой установки, работающей на принципах вихревых процессов, и технологии эффективного сжигания дисперсных отходов углеобогащения.

Поскольку теплотворная способность отходов углеобогащения значительно ниже, чем у традиционных видов топлива, в тепловой установке процессы сжигания, генерации тепла и нагрева теплоносителя разделены: сжигание реализовано в отдельной топке, теплообменник вынесен за пределы топочного объема как самостоятельный агрегат. В пользу такого решения служит то обстоятельство, что значительная часть отходов углеобогащения имеет высокое содержание золы, достигающее в некоторых случаях до 40 %. В связи с этим теплообменная часть агрегата должна быть приспособлена к большим потокам (расходам) твердого материала. Здесь же конструктивно решается вопрос улавливания золы, которая находится в пылевидном состоянии.

Конструкция разработанной цилиндрической вихревой топки (подобной [3]) схематично представлена на рис. 1.

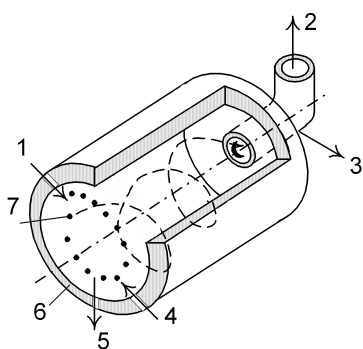


Рис. 1. Конструкция разработанной топки (половина сечения)

1 – подача дисперсного топлива шнековым питателем; 2 – отбор продуктов сгорания и подача в теплообменный аппарат; 3 – удаление золы мелкой фракции; 4 – подача вентиляционного воздуха; 5 – удаление золы крупной фракции; 6 – огнеупорная футеровка; 7 – траектория движения частиц топлива и золы

В торцевой стенке топki в нижней части выполнено окно для розжига и удаления золы. Дисперсное топливо подается в топку шнековым питателем. Регулирование его расхода выполняется при помощи частотного преобразователя. Диапазон изменения частоты 10 – 50 Гц.

Для отработки технологии, режимов и параметров сжигания различных видов топлива в созданном агрегате проведены серии экспериментов.

Для измерения температуры и поля скоростей в цилиндрическую стенку топki в направлении к оси вмонтировали огнеупорную трубку для ввода термопары или датчика скорости.

В качестве окислителя при проведении экспериментов использовали атмосферный воздух, который подается в топку вентилятором острого дутья. Расход дутьевого воздуха измеряли специально разработанным для этих целей расходомером типа сужающего устройства с малым аэродинамическим сопротивлением. Температуру измеряли хромель-алюмелевой термопарой. Перепад давления измеряли дифференциальным манометром. Измерения скорости выполняли посредством цилиндрического зонда с внутренним диаметром 8 мм и диаметром приемного отверстия 0,8 мм. Методика измерений описана в работе [4]. В процессе измерения скорости потока в топке во время сжигания топлива измеряли температуру дымовых газов, расходы воздуха и топлива, затем определяли состав продуктов сгорания и их плотность. Во время проведения измерений температуру в топке и все параметры горения поддерживали постоянными.

Проведена серия экспериментов по сжиганию в вихревой топке мощностью 0,8 МВт углей марки «Д», топлив с различной зольностью, в которых использовали смеси угля и

золы-уноса котельной, угля (промпродукта) обогатительной фабрики ЦОФ Сибирь с зольностью 40 % и шлама.

При сжигании угля марки «Д» его предварительно отсеивали от крупных кусков на сите 10 и 20 мм. Низшая теплота сгорания Q_n^p угля составляла 23430 кДж/кг, зольность 18 %. Фракционный состав угля, отсеянного на сите 10 мм (числитель) и 20 мм (знаменатель), приведен ниже:

Состав угля,	
мм	%
5 – 10	23,9
10 – 20	37,0
1 – 5	56,5
5 – 10	19,1
0,56 – 1,00	9,2
1,00 – 5,00	35,6
0,15 – 0,56	7,7
0,56 – 1,00	5,8
– 0,15	2,7
0,15 – 0,56	4,9
–	–
– 0,15	1,7

Видно, что основная масса угля имела фракционный размер менее 5 мм.

При исследовании горения угля с различной зольностью в него в разных пропорциях добавляли золу-унос котельной насыпной плотностью 440 кг/м³ и зольностью 70,4 %. Теплота сгорания золы-уноса, используемой в экспериментах, составляла 10045 кДж/кг. Характеристики исследуемых смесей следующие:

Характеристика смеси	Значение характеристики при объемном соотношении угля и золы			
	1/1	1/1,5	1/3	1/4
Теплотворная способность, кДж/кг	20210	18940	18000	16610
Зольность, %	30	35	39	44
Плотность, кг/м ³	820	744	693	630
Содержание летучих, %	32,0	28,2	25,2	20,8

Сжигание угля с подмешанной золой проводили при температуре 1180 – 1200 °С. При сжигании смеси на выходе из топki наблюдали повышенный вынос золы мелкой фракции.

Проведенная серия экспериментов показала, что при сжигании топлива с соотношением

угля к золе 1/1 – 1/3 топка работает устойчиво, температура рабочего пространства и дымовых газов поддерживается на достаточно высоком уровне. При соотношении 1/4 температура в топке быстро снижалась. В связи с этим приходилось принимать дополнительные меры для вывода топки на рабочий режим. Для такого количества золы в топливе необходимо большее содержание летучих компонентов в топливе.

Установлено, что процесс подачи угля шнеком протекает устойчиво при влажности W менее 15 %. Оптимальная влажность угля для винтового шнека составляет 10 – 12 %. Если $W > 15$ %, то для стабильной работы шнекового питателя в уголь необходимо подавать опилки или сухую пылевидную золу в количестве не более 5 % по массе.

Исследование аэродинамических параметров установки

Одной из наиболее важных характеристик аэродинамики процесса горения топлива является тангенциальная составляющая скорости. Эту характеристику измеряли как при холодных продувках, так и при сжигании угля при температурах в рабочем пространстве топки 1230 – 1260 °С с расходом угля $G = 51$ кг/ч и расходе воздуха $Q = 1150$ м³/ч.

При проведении горячих экспериментов измеряли радиальное распределение температуры в топке. Знание распределения температуры позволило определить поле скоростей потока, так как при обработке результатов измерений необходимо знать плотность газа в каждой точке пространства. В процессе измерения примерно в течение одного часа поддерживались постоянными значения расхода топлива и воздуха. Отклонения не превышали 3 – 5 %.

На рис. 2 показано типичное распределение скорости по радиусу топки. По оси ординат отложено отношение значений текущей тангенциальной скорости к скорости на периферии топки (v/v_0). Измерения выполняли при различных расходах воздуха, при этом распределение скорости было аналогичным.

Профили скорости в обоих случаях подобны практически для всех значений радиуса r топки за исключением приосевой области. Положение максимума скорости в холодной топке находится при $r = 0,08$ м. Максимум скорости в горячей топке располагается при $r = 0,05$ м. Смещение максимума скорости обусловлено изменением уровня закрутки потока за счет увеличения температуры и объема газа. В окрестности стенки скорость равна 15 м/с. Разброс точек

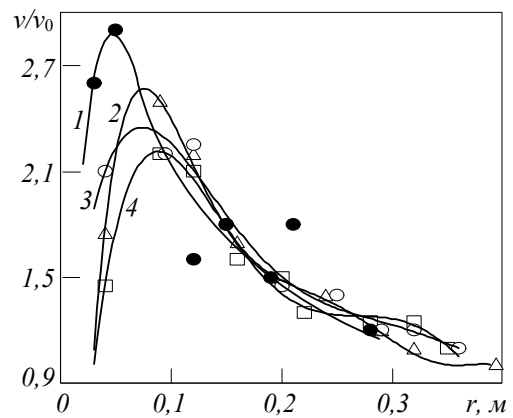


Рис. 2. Распределение тангенциальной скорости по радиусу топки в горячих (● – 0,3 м³/с) и холодных (Δ – 0,3 м³/с, ○ – 0,25 м³/с, □ – 0,18 м³/с) экспериментах для различных расходов воздуха

при измерении скорости обусловлен неоднородным слоем угля в нижней части топки и температурной деформацией датчика в процессе измерения. Увеличение объемного расхода при сохранении циркуляции скорости на выходе из закручивающего аппарата приводит к снижению закрутки потока. Экспериментальные результаты подобны данным для вихревой камеры с плоскими торцами [5].

Экспериментальные данные (рис. 2) в виде распределения циркуляции скорости $\Gamma = v_\phi r$ (v_ϕ – тангенциальная компонента скорости потока в цилиндрической системе координат) приведены на рис. 3. Обработка данных в таком виде позволяет определить характер течения газов. Постоянное значение циркуляции скорости характеризует потенциальное вращение потока. В данном случае оно реализуется только при малых расходах воздуха и в относительно небольшой по протяженности области. Экспериментальные точки, полученные при

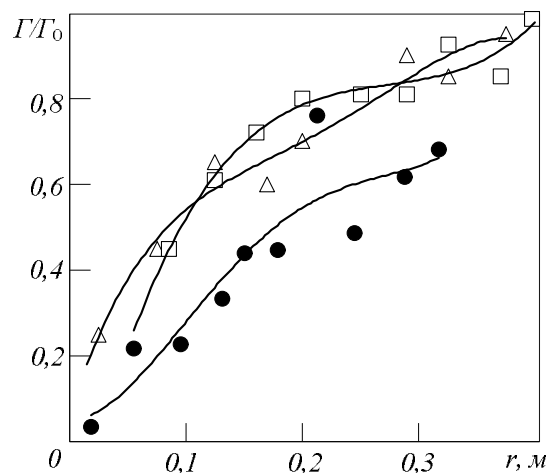


Рис. 3. Распределение циркуляции скорости по радиусу топки при горячих и холодных экспериментах (обозначения те же, что и на рис. 2)

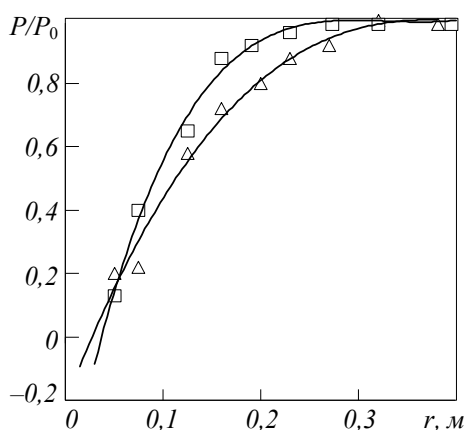


Рис. 4. Распределение давления по радиусу топки (обозначения те же, что и на рис. 2)

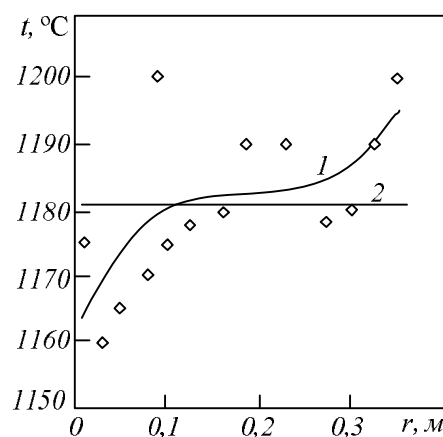


Рис. 5. Распределение температуры (1) и средняя температура (2) по радиусу топки

холодной продувке с различными расходами воздуха, расположены близко друг к другу. Результаты горячего эксперимента существенно отличаются от результатов холодного эксперимента. Циркуляция скорости возрастает с ростом радиуса. Вероятно, это отличие вызвано изменением на порядок значений вязкости газа и увеличением его объемного расхода.

На рис. 4 представлено распределение давления (P/P_0) по радиусу топки.

Распределение давления также типично для вихревых камер с плоскими торцами [5]. Из рис. 4 следует, что при $r \leq 0,04$ м давление в топке становится меньше атмосферного. Данные по давлению хуже обобщаются для различных расходов воздуха, так как давление более чувствительно к изменениям расхода воздуха. Давление несколько превосходит атмосферное при радиусе, равном радиусу выходного сопла. При малом расходе воздуха давление при радиусе, равном радиусу выходного сопла, равно 200 Па, на периферии оно составляет 500 Па. Такое значение давления в топке значительно облегчает работу дымососа.

Исследование теплотехнических параметров сжигания угля в вихревой топке

При сжигании угля непрерывно измеряли температуру топочного газа в топке. Носик термопары в радиальном направлении находился примерно на уровне выходного сопла топки в радиальном направлении и примерно в середине по ширине топки. Изменение температуры характеризует термическое состояние газа и позволяет следить за процессом горения топлива. В зависимости от состава топлива, режимов и параметров его сжигания температура в топке может изменяться в достаточно широких пределах – от 600 до 1000 – 1500 °С.

Распределение температуры t газа по радиусу топки показано на рис. 5.

Измерения температуры в топке выполнены при давлении воздуха $P = 3630$ Па, $Q = 1070$ м³/ч, $G = 45$ кг/ч, в среднем при $t = 1181$ °С. Температура атмосферного воздуха составляла 6 °С. Температура около стенки отличается от таковой в объеме не более, чем на 5 – 10 %. С высокой степенью точности можно считать температуру в топке одинаковой во всем объеме. При постоянной температуре в топке и увеличении расходов топлива и воздуха повышается тепловая мощность установки. Значения мощности топки, рассчитанные по расходу угля и дымового газа, практически совпадают.

Низшее значение мощности для данной топки можно поддерживать на уровне 0,25 МВт, а верхний предел при теплотворной способности угля на уровне 23850 кДж/кг равен 1 МВт. Рабочая мощность для данной топки находится на уровне 0,65 – 0,7 МВт. Ограничение по мощности связано с увеличением выноса недогоревшего угля. Повышение мощности можно обеспечить за счет увеличения теплотворной способности угля или путем отсева крупной его фракции диаметром более 10 – 20 мм.

В процессе сжигания дисперсного топлива в вихревой топке часть угля в виде пыли сгорает в основном объеме топки, а остальная его масса сгорает в области закручивающего аппарата. Вследствие практически полного сгорания угля при количестве воздуха, близком к стехиометрическому, температура дымовых газов в топке поднимается до 1600 °С. Для снижения температуры дымовых газов сжигание топлива проводили со значительным избытком воздуха.

Исследование вредных выбросов при сжигании угля

Зола, взятая из топки при сжигании угля, содержит не более 0,5 – 1,0 % углерода, при сжигании высокозольного топлива – около 3 %. Образующаяся в процессе сжигания зола может являться сырьем для производства строительных материалов, в частности наполнителем для бетонов. Визуально дисперсные частицы золы имеют серовато-желтый цвет. Недогоревшее топливо в виде сажи отсутствует полностью. Уносимая из топки продуктами сгорания зола надежно улавливается пылеулавливающей установкой.

Исследование особенностей сжигания высокозольных углей и шламов

При проведении экспериментов использовали уголь (промпродукт) обогатительной фабрики ЦОФ Сибирь. Размер кусков составлял от нуля до 13 мм. Характеристики топлива: $W = 5\%$, $Q_v^p = 32845$ кДж/кг, $Q_n^p = 19875$ кДж/кг.

В первой серии экспериментов сжигание производили без подготовки промпродукта, при этом температура в топке не поднималась выше 780 °С. В дальнейших экспериментах топку сначала разогревали до 1100 – 1200 °С, а затем подавали уголь. При этом температура топки сначала снижалась до 1000 °С, а затем увеличивалась и достигла 1500 °С. Снижение температуры топки осуществляли за счет увеличения расхода воздуха. Далее поддерживали режим горения при температуре примерно 1100 °С. Сжигание проводили в течение двух часов. Далее наблюдали переход топки в неустойчивый режим работы, обусловленный чрезмерным накоплением золы в рабочем пространстве. После очистки рабочего пространства топки от золы подачу топлива возобновили, однако была достигнута температура только 1000 °С, которая удерживалась в течение длительного времени. В результате проведенных экспериментов было установлено, что для обеспечения устойчивого горения используемого топлива необходимо поддержание температуры в топке на уровне не менее 1000 – 1100 °С.

Во второй серии экспериментов уголь дробили до фракции 5 мм на щековой дробилке. Разогрев топки производили на обычном угле, затем подавался промпродукт, температура топки поднималась до 1100 °С. Продолжительность эксперимента составляла 2 ч. Установлено, что устойчивое горение протекает при расходе угля примерно 75 кг/ч, расходе

воздуха 1300 м³/ч, при этом температура топочного газа равна 1280 – 1300 °С.

Горение ухудшается при накоплении значительного количества золы. Проведенные эксперименты подтвердили пригодность промпродукта для использования его в качестве топлива для топок вихревого типа.

В экспериментах по сжиганию шлама его влажность путем частичной сушки была снижена примерно до 10 %, зольность находилась на уровне 40 – 45 %, теплотворная способность менялась от 9460 до 16990 кДж/кг. Топка показала устойчивую работу до тех пор, пока на закручивающем устройстве не начинает плавиться зола. При таком режиме работы золу необходимо удалять каждый час. При плавлении золы параметры закручивающего потока сильно меняются, снижается тепловая мощность установки.

Сжигание шлама с зольностью 40 – 45 % и влажностью до 10 % при высоком содержании летучих компонентов проходит устойчиво, но приходится довольно часто освобождать топку от спекшейся золы. Зола конвективного уноса в виде мелкой пыли сразу попадает в объем камеры горения и тормозит процесс горения. Зола, находящаяся в зоне горения угля, тормозит процесс горения в меньшей степени.

Выводы. Разработанная конструкция топки вихревого типа обеспечивает эффективное сжигание во вращающемся потоке воздуха твердого дисперсного топлива с высокими зольностью и влажностью. Отработаны технология и режимы сжигания угля, промпродукта и шламов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Багрянцев В.И., Казимиров С.А., Куценко А.И. и др. Практика и перспективы использования твердых углеродсодержащих отходов в качестве топлива для теплоэнергетических агрегатов // Вестник СибГИУ. 2013. № 3. С. 33 – 38.
2. Лисиенко В.Г., Щелокоев Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование: Справочное издание в 3-х кн. Кн. 1 / Под ред. В.Г. Лисиенко. – М.: Теплотехник, 2004. – 608 с.
3. РФ. Патент на полезную модель № 51172. Топка / Багрянцев В.И., Бровченко С.А., Дорн В.И., Лайгер А.Г. 2006 г.
4. Смольский И.И. Об особенностях измерения скорости и давления в вихревой камере. – В кн.: Теплофизика и физическая

гидродинамика. – Новосибирск: Изд-во ИТФ СО АН СССР, 1978. С.125 – 132.

5. Багрянцев В.И., Волчков Э.П., Терехов В.И., Титков В.И. Исследование течения в вихревой камере лазерным доплеровским измерителем скорости//Препринт ИТФ СО АН СССР. – Новосибирск, 1980. – 20 с.
6. Багрянцев В.И., Волчков Э.П., Терехов В.И. Исследование аэродинамики вихревой камеры с центральной струей. – В кн.: Всесоюзное совещание по математическому моделированию высокотемпературных процессов в циклонных и

вихревых аппаратах. – Одесса: изд. Одесского политех. ин-та, 1980. С. 58 – 61.

7. Багрянцев В.И., Волчков Э.П., Терехов В.И. и др. Особенности экспериментального исследования аэродинамики вихревой камеры ЛДИС. – В кн.: Всесоюзный семинар по лазерной доплеровской анемометрии, ее приложения.– Новосибирск: изд. ИТФ СО АН СССР, 1981. С. 85 – 88.

© 2013 г. В.И. Багрянцев, С.А. Бровченко,
А.П. Подольский, А.А. Рыбушкин,
М.В. Темлянец, С.А. Казимиров
Поступила 15 декабря 2013 г.

А.С. Запольский

ООО «Кузбасская Проектная Организация»

ПОВЫШЕНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ С НЕСУЩИМИ КИРПИЧНЫМИ СТЕНАМИ

Темпы строительства в Кемеровской области растут из года в год, но новые многоквартирные жилые дома с несущими кирпичными стенами практически перестали вводить в эксплуатацию. Основными причинами этого являются высокая сметная стоимость и продолжительность строительства, поэтому на смену прочным, долговечным и экологически чистым кирпичным домам пришли быстровозводимые панельные, а также здания с монолитным железобетонным каркасом, в которых кирпич используют только для возведения самонесущих стен и перегородок.

Большая часть современных жилых домов с несущими кирпичными стенами построена во второй половине XX века – это всем известные «хрущевки» и молодежные жилищные комплексы. На сегодняшний день почти все эти дома требуют проведения капитального ремонта, так как в соответствии с ведомственными строительными нормами ВСН 58-88 (р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения» [1] минимальная продолжительность их эффективной эксплуатации составляет 15 – 20 лет. Для выполнения капитального ремонта необходима разработка проектной документации, исходными данными для которой будет заключение по обследованию технического состояния строительных конструкций.

В начале 2000-х годов на части территорий юга Кемеровской области была повышена расчетная сейсмическая интенсивность района строительства, поэтому в состав работ по обследованию зданий включают работы по оценке дефицита сейсмостойкости обследуемых зданий. Возможно, землетрясение, произошедшее в июне 2013 года в поселке Бачатском Беловского городского округа, также послужит причиной для пересмотра сейсмичности района строительства населенных пунктов, расположенных севернее города Киселевска.

При обследовании конструкций несущих кирпичных стен вышеуказанных жилых домов наиболее часто встречаются следующие несоответствия требованиям современных строительных норм и правил:

- кладка стен выполнена многорядной системой перевязки швов, что не отвечает требованиям свода правил СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87» [2] п. 9.11.1: «Кладку из кирпича и керамических щелевых камней необходимо выполнять с соблюдением следующих требований: кладка стен должна выполняться с применением однорядной (цепной) перевязки»;

- здание сложной формы в плане не разделено антисейсмическим швом, что не соответствует требованию СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*» [3] п. 6.1.6: «Антисейсмические швы следует выполнять путем возведения парных стен или рам, а также рамы и стены» и приводит к образованию вертикальных и наклонных трещин в кирпичной кладке (рис. 1);

- отсутствуют антисейсмические пояса, предусмотренные [3] п. 6.14.11: «В уровне перекрытий и покрытий должны устраиваться антисейсмические пояса по всем продольным и поперечным стенам, выполняемые из монолитного железобетона или сборные с замоноличиванием стыков и непрерывным армированием. Антисейсмические пояса верхнего этажа должны быть связаны с кладкой вертикальными выпусками арматуры»;

- поперечные стены выполнены только по торцам здания и в местах расположения лестничных клеток, что не отвечает требованиям [3] п. 6.14.9: «Расстояния между осями поперечных стен или заменяющих их рам должны проверяться расчетом и быть не более приведенных в таблице (18 м)»;

- глубина заделки сборных железобетонных перемычек в кладку зачастую не более 200 мм,

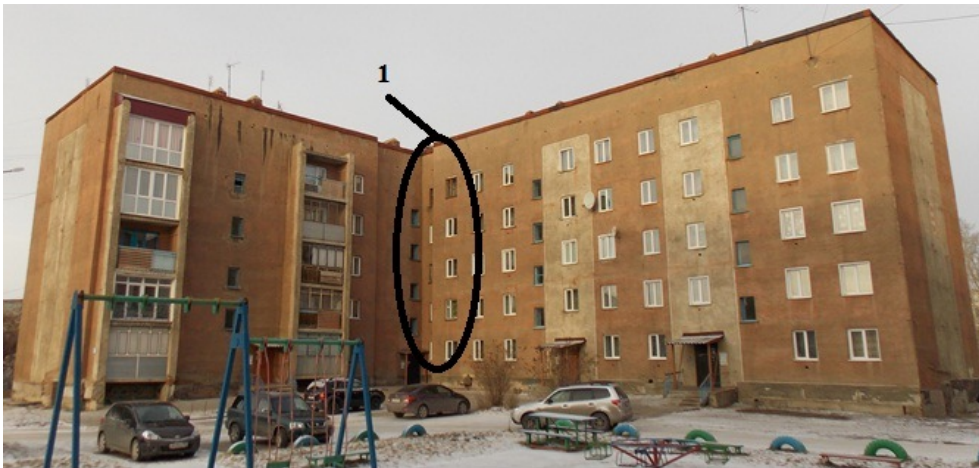


Рис. 1. Здание сложной формы в плане без антисейсмического шва. 1 – место образования трещин

что не соответствует требованию [3] п. 6.14.16: «Перемычки должны устраиваться, как правило, на всю толщину стены и заделываться в кладку на глубину не менее 350 мм. При ширине проема до 1,5 м заделка перемычек допускается на глубину 250 мм».

Кирпичные перегородки в таких зданиях, как правило, неармированные, что не соответствует требованиям [3] п.6.5.5: «Перегородки из кирпича или камня, при их применении на площадках сейсмичностью 7 баллов, следует армировать на всю длину не реже чем через 700 мм по высоте арматурными стержнями общим сечением в шве не менее 0,2».

Стены подвала выполнены из фундаментных блоков ФБС и не соответствуют современным требованиям [3] п. 6.2.5: «В фундаментах и стенах подвалов из крупных блоков должна быть обеспечена перевязка кладки в каждом ряду, а также во всех углах и пересечениях на глубину не менее 1/2 высоты блока; фундаментные блоки следует укладывать в виде непрерывной ленты».

Перекрытие и покрытие рассматриваемых кирпичных жилых домов выполнены, как правило, из сборных пустотных железобетонных плит и не отвечают требованиям [3] по следующим параметрам:

- трещины в межплитных швах свидетельствуют о несоответствии п. 6.3.1: «Перекрытия и покрытия следует выполнять в виде жестких горизонтальных дисков, расположенных на одном уровне в пределах одного отсека, надежно соединенных с вертикальными конструкциями здания и обеспечивающих их совместную работу при сейсмических воздействиях»;

- по результатам вскрытия конструкций пола и кирпичной кладки стен глубина опирания плит перекрытия и покрытия варьируется от 80 до 100 мм, что не соответствует требованиям п. 6.3.4: «Длину участка опирания сбор-

ных плит перекрытий и покрытий на несущие конструкции принимают не менее, мм: на кирпичные и каменные стены 120».

По результатам проведенного обследования определяют перечень мероприятий по восстановлению или усилению конструкций, на основании которого разрабатывают проектную документацию на капитальный ремонт здания.

В большинстве случаев для приведения кирпичных жилых домов в сейсмостойкое исполнение требуется:

- усиление стен сплошным профилированным настилом или двухсторонней железобетонной рубашкой;
- усиление перекрытия и покрытия для устройства жесткого диска (выполнение надбетонки, подбетонки или плоского каркаса);
- обеспечение связей стен со сборными пустотными железобетонными плитами;
- устройство сборных или монолитных железобетонных антисейсмических поясов;
- выполнение антисейсмических швов и дополнительных диафрагм жесткости при недостаточном шаге поперечных стен (рис. 2).

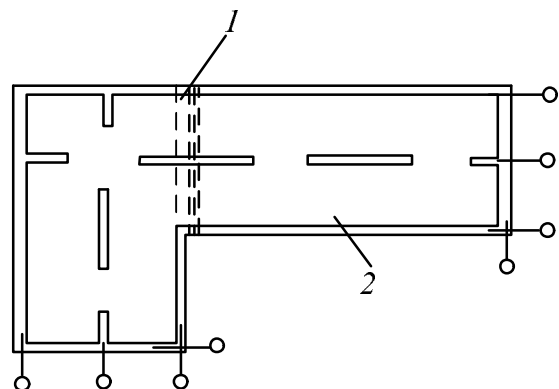


Рис. 2. Место выполнения антисейсмического шва (1) и дополнительной диафрагмы жесткости (2) в здании сложной формы в плане

Реализация вышеуказанных мероприятий значительно увеличивает нагрузку на фундамент, следовательно, дополнительно требуется проведение поверочного расчета вышеуказанной конструкции, который невозможно выполнить без данных инженерно-геологических изысканий. Ввиду того, что с момента строительства также произошло повышение расчетной снеговой нагрузки, то может потребоваться комплекс работ для увеличения несущей способности фундамента.

Во многих случаях капитальный ремонт жилых домов проводится без выполнения обследования технического состояния строительных конструкций и включает в себя только восстановление эксплуатационных параметров здания без учета требований современных строительных норм и правил.

Выводы. Увеличение сейсмостойкости жилых домов с несущими кирпичными стенами в ходе проведения капитального ремонта позволяет обеспечить механическую безопасность зданий и их дальнейшую безопасную эксплуатацию, что дает возможность в полной мере

реализовать требования Федерального закона Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВСН 58-88 (р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения». – М.: Госстрой России, 2004. – 48 с.
2. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87». – М.: Госстрой России, 2012. – 170 с.
3. СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*». – М.: Госстрой России, 2011. – 91 с.

© 2013 г. А.С. Запольский
Поступила 15 декабря 2013 г.

В.А. Быстров¹, Е.С. Вуцан²

¹Сибирский государственный индустриальный университет

²Филиал Санкт-Петербургского института внешнеэкономических связей,
экономики и права в г. Новокузнецке

АНАЛИЗ РЕАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОГРАММЕ РАЗВИТИЯ ОАО «НКМК»

Ситуация неопределенности в мировой, а также в российской экономике, сложившаяся на сегодняшний день, ставит перед компаниями задачу преодоления кризисной ситуации путем использования конкретных и эффективных мер. Потребность поиска новых технологий по выходу из состояния кризиса на российских предприятиях приводит к необходимости применения современных методов реорганизации структуры хозяйствующих субъектов. Деятельность по слияниям и поглощениям в современной экономической теории и практике рассматривается как основной элемент такой реструктуризации.

Объединение ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» и ОАО «НКМК» – закономерный и необходимый шаг в рамках действующей стратегии развития металлургических активов ЕВРАЗ. Принятое решение позволяет упростить процессы управления и формировать единые стандарты в области охраны труда и промышленной безопасности, железнодорожной, автомобильной и складской логистики, закупочной деятельности, социальной политики и управления персоналом в рамках одного комбината.

ОАО «НКМК» до объединения его в ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» был и остается единственным в стране производителем всей номенклатуры рельсового сортамента и монополистом на рынке трамвайных рельсов, является генеральным поставщиком рельсовой продукции для ОАО «Российские железные дороги». На долю комбината приходится около 2/3 всего производства рельсов в России. Основное конкурентное его преимущество – способность производить более 150 видов стали рельсовых и конструкционных марок. НКМК еще недавно был полноценным предприятием с полным металлургическим циклом, входил в число ведущих производителей стали и проката в стране. В настоящее время он специализируется на выпуске железнодорожного проката.

Для обобщения информации о хозяйственной деятельности, проведения анализа финан-

совой жизнеспособности и возможности функционирования в условиях рынка необходимо проанализировать технико-экономические показатели предприятия. Объемы производства основных видов продукции за 2006 – 2009 годы ОАО «НКМК» – ведущего российского предприятия по производству транспортного металла, представлены ниже:

Показатель	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Кокс влаж-ности 6 %	<u>1119</u> 95,40	<u>763</u> 68,19	<u>703</u> 92,14	<u>510</u> 72,55
Чугун	<u>1810</u> 93,35	<u>1472</u> 81,33	<u>1183</u> 80,37	<u>341</u> 28,83
Сталь	<u>1440</u> 110,77	<u>1457</u> 101,18	<u>1322</u> 90,73	<u>1397</u> 105,67
Прокат	<u>1700</u> 90,81	<u>1758</u> 103,41	<u>1538</u> 87,49	<u>1538</u> 100,00
Всего:	<u>6069</u> 96,58	<u>5450</u> 89,80	<u>4746</u> 87,08	<u>3786</u> 79,77

Примечание. В числителе – всего тыс. т, в знаменателе – в % к предыдущему году.

В 2007 г. производство стали и готового проката увеличено на 17 и 58 тыс. т соответственно. Снижение производства чугуна и кокса связано с закрытием доменной печи № 4 со 2-го квартала 2007 г. и коксовой батареей.

В 2008 – 2009 гг. наблюдается снижение объемов производства продукции первого передела, т.е. кокса и чугуна. Основным фактором, повлиявшим на снижение объемов производства и реализации продукции, стал мировой финансовый кризис, вследствие которого в 4-м квартале произошло резкое падение спроса на металлопродукцию, что привело к закрытию доменной печи № 5 в апреле 2009 г. В 2008 г. производство стали и проката было снижено на 135 и 201 тыс. т соответственно вследствие мирового финансового кризиса, из-за которого в 4-м квартале 2008 г. и в течение 2009 г. произошло резкое падение

спроса на металлопродукцию. Стабилизация экономической ситуации в конце 2009 г. позволила увеличить производство стали по сравнению с 2008 г. на 75 тыс. т, в то же время производство проката осталось на уровне 2008 г. [1]. Данные для анализа основных финансово-экономических показателей за период 2007 – 2011 гг. представлены в табл. 1.

Выручка от реализации продукции, рентабельность продукции, а также чистая прибыль являются основными экономическими показателями эффективности работы предприятия. Увеличение выручки от реализации объясняется ростом цен на металлопродукцию по сравнению с 2007 г. (на 10,3 млрд. руб), при этом за счет снижения объемов производства выручка сократилась на 5,7 млрд. руб, за счет прочих факторов (сортамент) – на 0,4 млрд. руб.

Увеличение себестоимости проданных товаров, продукции, работ и услуг в 2008 г. по сравнению с 2007 г. произошло на 15 %, в том числе за счет роста цен на сырье, прочие ТМЦ и услуги – на 9,3 млрд. руб.

В анализируемом периоде произошло уменьшение объема производства и изменение сортамента продукции на 5,2 млрд. руб. В 2008 г. произошло снижение основных показателей результатов деятельности ОАО «НКМК». Показатель EBITDA в 2008 г. составил 3172 млн. руб, что ниже уровня предыдущего года на 23 %. Причиной ухудшения положения предприятия в 2008 г. стал разразившийся в 4-м квартале мировой экономической кризис, в результате которого резко упали объемы производства (на 30 – 40 %) и цены на металлопродукцию. Падение уровня цен в декабре по сравнению с сентябрем составило от 15 до 50 %

на разные виды металлопродукции. ОАО «НКМК» 2008 г. закончило год с чистой прибылью 1595 млн. руб, хотя по сравнению с 2007 г. снижение составило 33 %. Рентабельность продукции при этом снизилась с 13,2 до 9,1 %.

За период 2008 – 2009 гг. на предприятии произошло значительное снижение всех основных финансово-экономических показателей [2], что объясняется снижением объемов производства вследствие падения спроса на металлопродукцию, при этом за счет снижения объемов производства выручка сократилась на 8,9 млрд. руб, за счет снижения цен на металлопродукцию на 7 млрд. руб. Снижение себестоимости в 2009 г. по сравнению с 2008 г. произошло на 10,3 млрд. руб (29 %), в том числе снижение затрат за счет снижения производства продукции на 5,7 млрд. руб, за счет снижения цен на сырье, прочие ТМЦ и услуги на 5,6 млрд. руб.

В 2009 г. произошло снижение основных показателей: показатель EBITDA в 2009 г. составил 1423 млн. руб, по сравнению с положительной EBITDA 2008 года. Причиной снижения показателей в 2009 г. стало дальнейшее развитие мирового экономического кризиса, в результате которого резко (на 30 – 40 %) упали объемы производства и цены на металлопродукцию.

Анализ рентабельности ОАО «НКМК» выполнен на основе данных годовой бухгалтерской отчетности предприятия за период 2007 – 2009 гг. Отрицательная динамика связана с влиянием мирового финансового кризиса 2008 – 2009 гг. и снижением цен на металлопродукцию [1] (рис. 1).

Т а б л и ц а 1

Финансово-экономические показатели ОАО «НКМК» за период 2007 – 2011 гг.

Основные показатели	2007 г. факт	2008 г. факт	2009 г. факт	2010 г. факт	2011 г. факт
Выручка от реализации товаров, продукции, работ, услуг, млн. руб	38043	42276	26367	34618	41497
Себестоимость проданных товаров, продукции, работ, услуг, млн. руб	31239	35955	25610	31889	37373
Затраты на 1 руб реализованной продукции, руб	0,82	0,85	0,97	0,92	0,90
Рентабельность предприятия, %	13,2	9,1	-4,6	6,8	7,6
EBITDA, млн. руб	4096	3172	-1423	2576	2840
Чистая прибыль, млн. руб	2390	1595	-2071	1177	1477

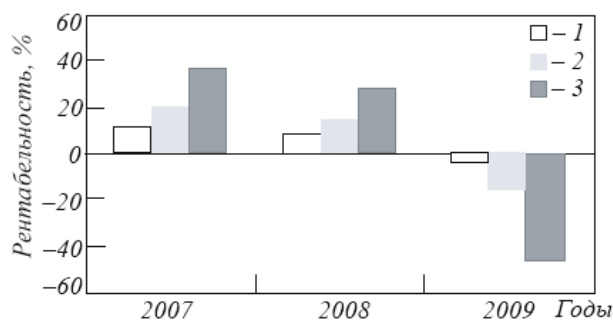


Рис. 1. Показатели рентабельности ОАО «НКМК» за 2007 – 2009 гг.:

1 – рентабельность продаж; 2 – рентабельность активов; 3 – рентабельность собственного капитала

В течение 2009 г. для ликвидации последствий, вызванных мировым финансовым кризисом, был разработан ряд антикризисных программ по различным направлениям (технология, ремонты, огнеупоры, энергетика, сменное оборудование), выполнение которых является основной целью всех подразделений комбината. Это позволило увеличить выпуск продукции, повысить ее качество в 2009 г., а также вести работу в этих направлениях в последующий период. С целью освоения новых видов продукции, улучшения ассортимента, а также повышения ее качества был разработан следующий ряд мероприятий:

- производство рельсов повышенной пластичности на основе барийсодержащих ферросплавов;
- производство рельсового профиля из нержавеющей стали;
- производство контррельсового уголка из стали, легированной хромом;
- производство рельсов из заэвтектоидной стали марки Э90АФ;
- производство помольных шаров диам. 120 мм;
- технология термической обработки шаров особо высокой твердости из стали, модифицированной барием; технология внепечной обработки стали с уменьшенным количеством силикокальция.

В 2009 г. было принято инновационно-инвестиционное решение о развитии рельсового производства на ОАО «НКМК». Инвестиционный проект реализуется в два этапа. Завершение первого этапа проекта было запланировано до конца 2010 г. Окончание реализации второго этапа реконструкции планировалось в 2012 г. В результате проводимой модернизации рельсобалочного цеха комбината предприятие должно не только приблизиться к лучшим мировым образцам рельсов по таким показателям, как прямолинейность и износо-

стойкость, но и освоить выпуск востребованных на рынке 100-м рельсов.

По результатам деятельности ОАО «НКМК» была разработана инвестиционная программа развития и реконструкции на период 2008 – 2012 гг., которая охватывала все металлургические переделы и вспомогательные производства комбината (табл. 2) [2]. Целью этой программы было:

- сохранение и упрочнение позиций предприятия на рынке, особенно на рельсовом сегменте;

- снижение затрат на производство, увеличение производительности оборудования, снижение экологической нагрузки на город.

Реализация программы инновационно-инвестиционного развития позволила осуществить процесс формирования современной металлургической технологии, повысила конкурентоспособность выпускаемой продукции и выйти на новые рынки сбыта металлопродукции, повысив при этом экологическую безопасность производства. Эти мероприятия позволили улучшить финансовые показатели предприятия за период 2010 – 2011 гг. (табл. 1).

Также планировалась реализация инвестиционных проектов по модернизации электросталеплавильного производства с установкой различных систем интенсификации на сталеплавильных агрегатах; установкой стенов термостатирования на ДСП1, а также внедрение системы упрочнения прокатных валков в прокатном производстве. В анализируемом периоде деятельности предприятия была разработана программа энергосбережения, включающая в себя ряд проектов, планируемых к реализации, таких как: установка подстанции модульного типа 6/0,4 кВ для питания электрооборудования в районе стана 450; внедрение АСУ ТП на котле № 5 ТЭЦ НКМК; внедрение объединенной информационной системы «Природный газ».

В рамках исследования инвестиционной программы предприятия (ОАО «НКМК») следует рассмотреть также природоохранную деятельность.

Деятельность коллектива комбината по охране окружающей природной среды в 2007 – 2012 гг. осуществлялась на основе положений Экологической политики ОАО «НКМК», основной целью которой является поэтапное уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду, рациональное использование и восстановление природной системы.

Для реализации поставленной цели на комбинате предусматривались следующие мероприятия:

**Мероприятия программы инновационно-инвестиционного развития и реконструкции
ОАО «НКМК» на период 2008 – 2012 гг.**

Подразделения ОАО «НКМК»	Программа мероприятий инновационно-инвестиционного развития на период 2008 – 2012 гг.
Коксохимическое	Внедрение автоматизированной системы контроля и управления технологическим потоком № 2; замена вагоноопрокидывателя. Строительство установки очистки коксового газа с термическим разложением аммиака. Модернизация установки биохимической очистки сточных вод (БХУ). Внедрение автоматизированной системы управления технологическим процессом комплекса коксовых батарей № 3, 4.
Доменное	Реконструкция блока воздухонагревателей. Строительство газоочистных сооружений литейного двора и шихтоподачи.
Электросталеплавильное	Строительство вакууматора (окончание в I-м квартале 2008 г.). Строительство ям замедленного охлаждения на участке ТОО ЭСПЦ. Реконструкция МНЛЗ № 2. Замена подъемно-поворотного станда. Реконструкция участка порезки и маркировки заготовок. Капитальный ремонт основных агрегатов с элементами модернизации. Увеличение производительности ЭСПЦ до 1 900 тыс. т.
Прокатное	Организация участка отделки термоупрочненных и высокоскоростных рельсов. Установка гидросбива окалины. Реконструкция участка чистовой клетки 850. Установка кантователей на прокатных клетях рельсобалочного стана. Установка дифференцированного охлаждения рельсового проката. Реконструкция склада горячих заготовок РБЦ. Модернизация вальцетокарного производства. Установка мелкосортного стана. Реконструкция методических нагревательных печей ЛПЦ.
Экология	Капитальный ремонт установки по подавлению выбросов из межконусного пространства при капремонте доменной печи № 5. Капитальный ремонт аспирационных установок подбункерного помещения при капремонте доменной печи № 5. Герметизация мест перепадов угля и кокса. Перевод кузнечной печи на отопление природным газом.

- строительство газоочисток электросталеплавильного цеха (выполнено);
- вывод из эксплуатации коксовой батареи № 5 (выполнено);
- вывод из эксплуатации среднесортного цеха, стана 500 (выполнено);
- устройство закрытого цикла конечного охлаждения коксового газа (мероприятие заканчивается строительством).

Вышеперечисленные мероприятия реализованы на 50 %, однако приоритет в их реализации выбран таким образом, чтобы достичь максимального экологического эффекта, который составит 91,5 % (от объема ожидаемого экологического эффекта всех мероприятий). ОАО «НКМК» не превысило предусмотренные нормативы предельно-допустимых выбросов. При нормативе 14,0 тыс. т в год выброшено 11,8 тыс. т. Таким образом, в 2008 г. выбросы в атмосферу снижены с 11802,9 до 10205,3 т.

В 2009 г. выполнена и согласована необходимая нормативная документация по охране окружающей среды: проект нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ). В результате проделанной работы вы-

бросы в атмосферу с учетом присоединения ТЭЦ снижены с 12,7 тыс. т в 2008 г. до 12,6 тыс. т в 2009 г. В 2010 г. была запланирована реализация 16 природоохранных мероприятий в соответствии с приказом управляющего директора [1].

Руководство текущей деятельностью объединенного комбината осуществляет управляющая организация – ОАО «ЕвразХолдинг». В перспективах развития ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» – завершение модернизации рельсобалочного производства и выпуск конкурентоспособных на мировом рынке 100-м рельсов (на площадке НКМК). Помимо этого, в ближайших планах ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» – реализовать ряд крупных проектов по внедрению новых технологий в сталеплавильном производстве, расширить линейку выпуска строительного проката и обеспечить перевод доменных печей на пылеугольное топливо (на площадке ЗСМК). Таким образом, дальнейшая деятельность ОАО «НКМК» в составе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» привела к улучшению некоторых финансовых показателей (см. табл. 1 и рис. 2).

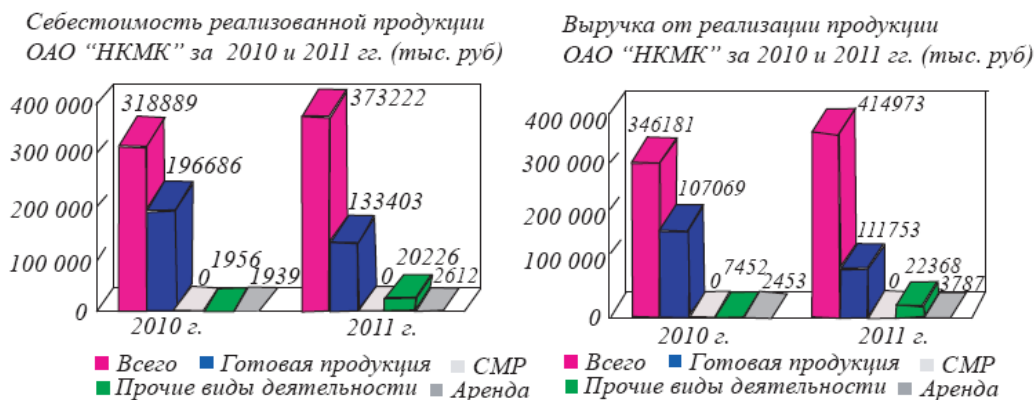


Рис. 2. Финансовые показатели ОАО «НКМК» в составе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Выводы. В результате проводимой модернизации рельсобалочного цеха комбината предприятие не только приблизится к лучшим мировым образцам рельсов по таким показателям, как прямолинейность и износостойкость, но и освоит выпуск востребованных на рынке 100-м рельсов. В результате реализации инвестиционных проектов по модернизации электросталеплавильного производства с установкой различных систем интенсификации на сталеплавильных агрегатах, установкой стандов термостатирования на ДСП1, а также внедрения системы упрочнения прокатных валков НКМК в составе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» получает новые конкурентные преимущества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Но в и к о в Н.И., В у ц а н Е.С., К о р о л ь Л.Н. Оценка и управление рисками крупного промышленного предприятия / Под ред. Н.И. Новикова. – М.: изд. СГУ, 2009. – 320 с.
2. Б ы с т р о в В.А., В у ц а н Е.С. Перспективы инновационно-инвестиционной политики металлургических предприятий Кузбасса // Вестник РАЕН (ЗСО). 2011. № 13. С. 117 – 122.

© 2013 г. В.А. Быстров, Е.С. Вуцан
Поступила 10 октября 2013 г.

А.А. Атрошкина

Сибирский государственный индустриальный университет

ДИДАКТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ СТАНДАРТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

В настоящее время многие отечественные образовательные учреждения участвуют в разработке современных инструментов управления образовательным процессом с целью повышения его эффективности путем информатизации педагогической и организационной деятельности вуза. Для успешного функционирования инновационного вуза необходима единая концепция создания рабочей модели информационно-образовательной среды в соответствии со стандартом, учитывающая национальный и региональный компоненты в данной системе и международный опыт.

В силу того, что электронное обучение способствует эволюции общества в образовательной и технологической сферах, такой процесс обучения необходимо рассматривать с двух сторон.

Дидактические предпосылки внедрения электронного обучения в систему высшего профессионального образования

Электронное обучение характеризуется персонализацией учебного процесса, в основе которого лежит когнитивная модель обучения, позволяющая управлять мыслительными процессами обучающихся за счет приобретения ими нового знания на базе имеющегося опыта. Кроме того, такое обучение – это активный, конструктивный процесс, подразумевающий не только целенаправленную работу с информацией, но и связанный с поиском понимания обучающимися смыслов, решения проблем, создания артефактов или продуктов обучения.

Обязательным условием персонализированного электронного обучения служит наличие способности обучающихся к взаимодействию при выполнении общего задания в группах, но при этом важно принимать во внимание отдельные характеристики обучающихся, такие как уровень подготовленности, имеющиеся компетенции, схожие цели, а также демографические факторы. В связи с этим используются особые формы в обучении каждой

отдельной учебной группы. Когнитивная модель обучения имеет целью сосредоточение на познавательных навыках обучающихся для обеспечения их достаточным набором компетенций, удовлетворяющим их профессиональную сферу интересов. При этом студенты могут изучить целый ряд моделей решения той или иной задачи, предложенных высококвалифицированными специалистами, для создания собственной модели изучения предметной области. С помощью выработанных самостоятельно необходимых методов и приемов студенты могут добиться самых высоких результатов в своей учебной деятельности. Если же в определенный момент возникают трудности с реализацией своей деятельности, то студенты могут получить консультацию педагога-специалиста. Оказывая помощь студенту в поиске ошибки, преподаватель дает возможность повторить несколько раз какую-либо из операций в ходе решения одной и той же задачи по различным сценариям. Таким образом, преподаватель со своей собственной системой представления знаний студентам является «путеводителем», он стимулирует познавательную деятельность студентов и способствует принятию ими ответственности за конечный результат образовательной деятельности.

Технологические предпосылки внедрения электронного обучения в систему высшего профессионального образования

Наиболее перспективным технологическим подходом к реализации концепции персонализированного обучения является применение информационно-образовательных сред, поскольку они способны автоматически, динамично и постоянно «приспосабливаться» к собственно образовательной среде, включающей в себя характеристики обучающихся, типы транслируемого материала и др.

Информационно-образовательные среды основываются на нескольких функциональных модулях [4]:

– «*модель студента*» – хранит в себе информацию о каждом студенте, позволяет организовать учебный материал с учетом индивидуальных особенностей и потребностей студента для достижения наибольшей эффективности в учебном процессе, доступный в полном объеме преподавателю;

– «*модель предметной области*» – суть модуля заключается в способности студента предложить несколько правильных множеств решений проблемы помимо уже имеющихся;

– «*модель обучения*» – строится на основе дидактического и диагностического обеспечения модуля;

– «*модель интерфейса*» – для эффективной реализации познавательного обучения разработана методология Exploration Space Control (Контроль за процессом обучения) [4], позволяющая ограничить образовательное пространство для предоставления возможности контролировать когнитивную нагрузку студента, исходя из уровня его понимания, накопленного опыта, способностей, подготовленности в случае столкновения с определенными трудностями в процессе познания (для этого необходимо сузить круг доступных средств, предназначенных для изучения того или иного явления, предоставляемых в пользовательском интерфейсе).

Эти модули требуют внедрения адаптивных методов обучения в компьютерных системах для поддержания наиболее продуктивного взаимодействия пользователя с системой, но при этом само содержание обучения не должно подвергаться трансформации.

Адаптивная обучающая гипермедиа строится на трех принципиальных вопросах: какие аспекты работы студента с системой гипермедиа нужно учитывать для обеспечения адаптационной функции; что должно быть адаптировано в системе; какие методы и приемы применимы в адаптационном процессе.

Данные вопросы решаются путем введения в систему модели студента, содержимого страниц гипермедиа, а также ссылок, включенных в каждую страницу, сокрытием от студентов некоторых информационных блоков по определенной теме, которые на данном этапе не соответствуют уровню имеющихся у студентов знаний и т.д.

И все же в условиях информатизации образовательного пространства роль преподавателя исключать нельзя, он является для студентов неким «навигатором», задающим ориентиры в информационном потоке гипермедиа, находясь на периферии учебного процесса и одновременно способствуя профессиональному

саморазвитию студентов. Сегодня помимо личности самого педагога в информационно-образовательной среде появляются интеллектуальные педагогические агенты, представляющие собой личных помощников, руководство пользователя, альтернативные системы помощи, динамические системы распределенных архитектур и пр.; таким образом, предлагаются иные подходы к реализации образовательной концепции за счет развития технологий. Причем взаимодействие агентов и обучающихся должно происходить на постоянной основе. Анимированные педагогические агенты за счет аудиовизуальных и кинестетических средств более точно моделируют различные виды диалогов со студентами; эти диалоги, несомненно, носят обучающий характер. Однако стоит отметить, что присутствие подобных агентов в образовательной среде ни в коем случае не уменьшает основной функциональной роли преподавателя. Например, если рассматривать одну из осуществляемых педагогом функций, а именно – контролирующую, и взять за основу в этом случае электронный практикум как один из элементов информационных систем контроля, то взаимодействие преподавателя со студентами очень четко прослеживается.

Практикум содержит набор заданий, которые необходимо выполнить студентам. Предъявляемое задание выбирается преподавателем из базы данных и закрепляется за конкретным студентом. В отличие от тестов задание, которое предъявляется студенту в рамках практикума, не требует мгновенного выполнения. Системой определяется срок, в течение которого задание должно быть сдано. Результатом выполнения задания должен быть файл, отправляемый студентом в базу данных. Проверка результата работы студента осуществляется преподавателем, который может поставить оценку или отправить работу на исправление, указав выявленные недостатки, не позволяющие ее принять. При неудовлетворительной оценке студенту может быть выдан преподавателем другой вариант задания [1]. Наличие обратной связи в ходе подобного обучающего контроля играет важную роль в повышении мотивации у студентов в освоении дисциплины, поскольку они чувствуют личную и эмоциональную связь с предметом, наставником и сверстниками. В связи с этим риск отстраненности преподавателя от учебного процесса сводится к минимуму.

Технологическое развитие общества определило электронное обучение как неотъемлемую часть процесса обучения, но при этом

должное внимание необходимо уделять вопросам унификации и стандартизации обучения, поскольку лишь стандартизированные единые информационно-образовательные среды, построенные на базе обобщений, достигнутых результатов и опыта применения новых информационных технологий в образовательном процессе, способны обеспечить целостность и фундаментальность системы по подготовке специалистов. За последние несколько лет было сделано немало усилий по разработке стандартов электронного обучения в международном образовательном поле (страны Западной Европы и США), таких как IEEE LTSC (Learning Technologies Standards Committee, <http://ltsc.ieee.org>), IMS (Instructional Management Systems) Global Learning Consortium Inc (<http://www.imspjproject.org>), European CEN/ISSS Learning Technologies Workshop (<http://www.cenorm.be/iss/Workshop/lt>) и US ADLnet (Advanced Distributed Learning Network, <http://www.adlnet.org>). Тем не менее, анализ указанных версий стандартов показывает, что они преследуют цель преимущественно обмена информацией, не поддерживая персонализацию среды обучения.

В частности, за счет IEEE (Learning Object Meta-Data) LOM возможно получить общее описание объектов изучения, посредством IMS Learner Information Profile (LIP) – характеристики обучающегося в общем формате, с помощью IMS Content Packaging (CP) – пакеты учебных материалов. Рассмотрев данные вариации стандартов электронного обучения, можно заключить, что они содержат самые обобщенные понятия и элементы. Система электронного обучения в этом случае представляет всем обучающимся одинаковый информационный контент, обучение не персонализировано.

В этой связи попытки зарубежных экспертов расширить возможности существующих стандартов, которые бы включали в себя унифицированные требования по предъявлению обучающего контента, рассчитанного на определенные категории обучающихся, воплотились в европейском проекте KOD «Knowledge on Demand» («Знание по требованию») [4]. Специфика заключается в создании формата знаниевого контента, содержащего в себе несколько адаптационных звеньев, которые позволяют определить, какая часть учебного материала может быть отображена для той или иной категории обучающихся в процессе обучения. Электронная система обучения в формате KOD может импортировать обучающий контент, разбивать его на блоки, интерпрети-

ровать правила, заключенные в него, представлять разнообразные пути к получению знаний в соответствии с индивидуальными особенностями студентов, а также благодаря наличию адаптационных звеньев в KOD адаптированное содержание обучения выводится в едином формате, может достаточно просто заменяться и использоваться обучающимися многократно, что делает информационно-образовательную среду персонализированной и доступной в любое время по запросу студента.

Существует еще одна проблема в сфере стандартизации электронного учебного материала, а точнее – в нахождении наиболее эффективного способа просматривания или поиска объектов изучения согласно индивидуальным предпочтениям обучающихся. Так называемая система Web-course search engine (Система поиска информации) [4] стала ответом на вопрос, как из огромного потока информации найти и выбрать то, что требуется студенту. Система использует спецификацию метаданных для записи или расстановки в алфавитном порядке различных учебных объектов, а также позволяет поисковикам и ресурсам «общаться» между собой. Благодаря спецификации метаданных система отбирает точную информацию об образовательных ресурсах, предоставляет соответствующие параметры для поиска и выводит оценочные результаты, тем самым удовлетворяя индивидуальные образовательные потребности каждого студента.

Рассмотренные спецификации существующих стандартов электронного обучения, несомненно, способствуют реализации принципов дифференциации, деятельностного и личностно-ориентированного подходов к обучению, учитывающих интересы развития личности, активацию новых форм познавательной деятельности обучающихся. И, тем не менее, стандарты электронного обучения в своем общем виде не решают проблему персонализации информационно-образовательной среды с точки зрения технологического аспекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование основных образовательных программ вуза при реализации уровневой подготовки кадров на основе федеральных государственных образовательных стандартов / Под ред. С.В. Коршунова. – М.: МИПК МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 212 с.

2. Рубин Ю. E-learning в России: от хаоса к глубокому укоренению // Высшее образование в России. 2006. № 3. С. 16 – 23.
3. Alexandros Paramythis, Sussane Loidl-Reisinger Adaptive Learning Environments and e-Learning Standards // Electronic Journal on e-Learning. February 2004. Vol. 2. Issue 1. P. 181 – 194.
4. Demetrios Sampson, Charalampos Karagianidis. Personalised Learning: Educational, Technological and Standardisation Perspective // Interactive Educational Multimedia. April 2002. № 4. P. 24 – 39.

© 2013 г. А.А. Атрошкина
Поступила 22 октября 2013 г.

УДК 378.6.001.85

В.В. Коваленко, С.В. Коновалов

Сибирский государственный индустриальный университет

НОВЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ЯВЛЕНИЯ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Физика – наука, составляющая фундамент естественно-научного образования и теоретического мышления будущих специалистов. Известный физик академик Л.А. Арцимович довольно лаконично и образно определил знание физической науки для человечества, подчеркивая ее мировоззренческий и политехнический характер: «Современная физика – это своего рода двуликий Янус. С одной стороны – это наука с горящим взором, которая стремится проникнуть вглубь великих законов материального мира. С другой стороны – это фундамент новой техники, мастерская смелых технических идей, опора и движущая сила непрерывного индустриального прогресса». Вместе с тем колоссальный объем знаний, накопленный физикой сегодня, делает задачу обучения необычайно трудной. В этих условиях единственный путь решения – интенсификация процесса обучения на основе исключения дублирующего среднего школьного материала, приближение учебного курса физики к действительному содержанию ее как науки, модернизация и структурирование программы, использование достижений современных технологий обучения. Обучение может быть признано успешным, если обучаемый активно овладел комплексом базовых стандартных физических моделей; конструктивно ими пользуется, раскрывая механизмы физических явлений и структуры физических объектов; владеет культурой физического мышления.

Отмеченные факты предполагают поиск возможностей решения различного уровня физических задач через виртуализацию реально-

сти физического макро- и микромира в форме проведения лабораторного практикума со студентами 1 курса инженерных специальностей, профилями бакалавриата. Следует констатировать, что такая сложившаяся в течение многих лет традиция реализации учебного процесса в системе высшего политехнического образования была и остается потенциальной и наиболее значимой результативной компонентой естественно-научной, общей профессиональной и специальной подготовки в области техники и технологий.

Сказанное позволяет конкретизировать направления развития технического сопровождения студенческого лабораторного практикума:

- модернизация и использование действующего лабораторного оборудования и отдельных комплексов и установок;
- широкое внедрение информатизации (ИТ-технологий) через использование как виртуальных, так и совмещенных с реальными установками лабораторных комплексов.

Установка, разработанная НПО «ТулаНаучПрибор» и внедренная в учебный процесс на кафедре физики Сибирского государственного индустриального университета для изучения явления внешнего фотоэффекта, представлена в виде блока облучения, содержащего светодиоды; фотоприемник с фотоэлементом СЦВ-3 на основе сурьмяно-цезиевого (Cs_3Sb) катода; блок измерения со специально настроенной чувствительной схемой усиления слабых фототоков; два универсальных мультиметра с цифровым отображением результатов измерений напряжения на фотоэлементе.

Такая установка является универсальной с точки зрения реализации одновременной фиксации, регистрации результатов измерений при применении дублирующих независимых методов оценки постоянной Планка, работы выхода электронов из материала фотокатода и красной границы фотоэффекта.

Практическая реализация поставленных задач с использованием предлагаемой методики является во многом новаторской в работе со студентами и с точки зрения современности и технологичности используемого оборудования, и с точки зрения методик количественного описания наблюдаемых результатов.

Известные типовые зависимости напряжения – сила тока, вольт-амперные характеристики (ВАХ) изображаются графически в виде монотонных плавных кривых, состоящих из двух ветвей: прямой (лежащей в положительной полуплоскости декартовой системы координат) и обратной (в отрицательной полуплоскости) [1, 2]. Такая форма ВАХ соответствует двум режимам измерений – при прямом и обратном подключении электродов фотоэлемента. Получение реальной обратной ветви для четырех различных длин волн приводит к возможности нахождения задерживающей разности потенциалов, при которой фотоэффект прекращается. При этом увеличение напряжения на катоде сопровождается уменьшением тока, который при достижении нуля изменяет направление и увеличивается по модулю с постепенным выходом кривой на насыщение. Такой интересный факт объясняется действием механизма эмиссии электронов с анода под действием рассеянного в фотоэлементе света. Можно говорить о работе двух подключенных антипараллельно (основного и побочного) фотоэлементов, индуцирующих фотоэлектрический ток I_{ϕ} , который представляет собой «суперпозицию» антинаправленных токов. Таким образом, значение модуля задерживающей разности потенциалов (U_z) будет определяться не в точках, где $I_{\phi} = 0$ (традиционный подход), а там, где кривая переходит в участок со слабым наклоном для отдельных значений длин полихроматической волны, что устанавливается в реальном эксперименте.

Для полноценной интерпретации явления фотоэлектрического эффекта особенно в случаях его исследования в условиях облучения фотоэлемента электромагнитными волнами различной частоты (длины волны) и различной интенсивности светового потока необходимо получение отдельной зависимости сила фототока – напряжение – прямой ветви ВАХ. Именно раздельное рассмотрение и анализ ви-

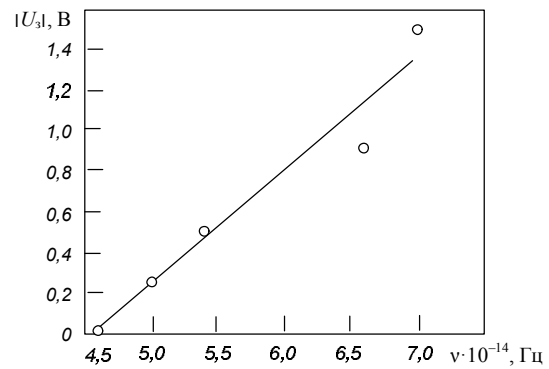


Рис. 1. Зависимость задерживающей разности потенциалов от частоты света

да кривых распределения способствует понять, когда, в какой момент фототок, достигая насыщения (выхода на стабильные значения), сигнализирует о достижении и прекращении процесса вырывания фотоэлектронов с поверхности катода в независимости от значений интенсивности падающего излучения.

Сложившаяся за многие годы вузовская практика изучения явлений квантовой физики (таких как внешний фотоэффект) предполагает идентификацию количественных параметров, входящих в уравнение А. Эйнштейна: постоянной М. Планка, работы выхода электронов из металла, граничной частоты – красной границы фотоэффекта, задерживающей разность потенциалов [1, 2].

Следует отметить, что описанный выше современный формат выполнения лабораторного эксперимента в этом смысле является классическим [3], но одновременно предоставляет широкие возможности более глубокого осмысления получаемых результатов как на качественном, так и количественном уровнях на основе сопоставления данных независимых экспериментов. Предлагаемые методы складываются из процессов построения зависимости задерживающая разность потенциалов – частота света (ν) и кривой спектральной чувствительности материала фотокатода фототок – длина волны света (λ).

Полученные графические данные (рис. 1, 2), проведенные на их основе тестирующие оценки параметров фотоэффекта, полученные при первичном анализе результатов эксперимента, дают их значения с достаточно высокой точностью относительно известных табличных данных.

Для более точных оценок значений работы выхода электронов, минимальной частоты (максимальной длины волны) света, падающего на фотокатод фотоэлемента, постоянной М. Планка методика предполагает применение ме-

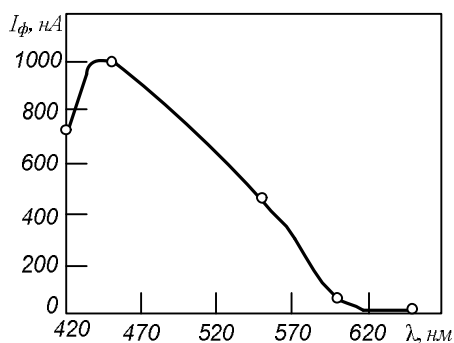


Рис. 2. Кривая спектральной чувствительности – зависимость фототока от напряжения на фотоэлементе

тогда наименьших квадратов для прямопропорциональной зависимости (рис. 1) [3].

Таким образом, комплекс современных методик моделирования квантово-оптических явлений и интерпретации количественных данных лабораторного эксперимента по их изучению позволяет получать достоверные результаты фундаментальных закономерностей и характеристик квантового фотоэлектрического эффекта.

Сегодня открыты необъятные возможности, серьезные перспективы для более глубокого понимания сущности окружающего нас мироздания. Несомненно, именно физическая наука, являющаяся беспрекословным фундаментом в его изучении и сформулированная великим русским мыслителем, талантливым ученым М.В. Ломоносовым как наука о природе, позволяет наиболее полно ощутить всю ее гармонию. Э. Резерфорд недвусмысленно разделил все науки на Земле «на физику и коллекционирование марок», тем самым подтверждая величественность и красоту физики. Без постороннего пафоса следует понимать, что педагогическое сообщество должно отдавать себе отчет в том, что, несмотря на все общественно-политические и финансово-экономические перипетии, неестественным путем иногда дискредитирующие фундаментальность, традиции, незыблемые устои и принципы ес-

тественно-научного познания мира, оно превращается тем самым в невольного апологета физической науки, порой забывающего о своем профессиональном предназначении – обучении и воспитании специалиста, человека, гражданина. Преподаватели бывают разными, методики обучения разнообразными, качественными и некачественными, но всегда важно помнить, что каждый новый этап в профессиональной деятельности педагога, ученого предполагает его совершенствование, развитие через расширение своего научного кругозора, внедрение новых технологий обучения, образования, познания окружающего мира. Поэтому обучение, с нашей точки зрения, естественным наукам (физике) с широким применением современных технологий (информационных, компьютерных) должно способствовать более интенсивному процессу интеллектуального, духовного, эстетического роста молодого человека (студента).

В связи с этим изложенные тезисы могут восприниматься как попытка некоторого осмысления и обобщения опыта педагогической деятельности сотрудников коллектива кафедры физики одного из крупнейших вузов политехнического профиля в части применения современных технологий физического образования одного из интереснейших разделов физики – квантовой оптики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. С а в е л ь е в И.В. Курс общей физики. Т. 5. – СПб.: Лань, 2007. – 327 с.
2. И р о д о в И.Е. Квантовая физика. – М.: Физматлит, 2002. – 271 с.
3. Б а р с у к о в а К.А., У х а н о в Ю.И. Лабораторный практикум по физике: учебное пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 350 с.

© 2013 г. В.В. Коваленко, С.В. Коновалов
Поступила 22 октября 2013 г.

Е.П. Сафонова

Сибирский государственный индустриальный университет

ОТНОШЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ К ВЛАСТИ: СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Социология как род социальных практик определяет условия и предпосылки осуществления политических практик, открывает их имманентные тенденции, законы эффективности, вероятности различных возможностей. При анализе взаимодействия господства и подчинения преимущественное внимание она обращает на вторую сторону этого отношения – обеспечение механизмов подчинения, поддержки и притяжения властных структур. Социологический анализ предполагает выявление образцов политического поведения, особенностей восприятия власти населением и их социоструктурных детерминант.

Применительно к России на протяжении периода с 1985 до начала 2000 г. можно выделить ряд этапов, отличающихся друг от друга по степени их политической активности. С момента начала «перестройки» население страны придерживалось конформистских позиций, а затем, в результате нарастания общественно-политических и экономических противоречий, политическое поведение активизировалось и приобрело протестный характер. С 1994 г. население разочаровывается в потенциале сложившейся общественно-политической системы и в собственных возможностях повлиять на жизнь страны, усиливается апатичное отношение граждан к политике. В конце 1990-х – начале 2000 гг. в политическом поведении наметились некоторые сдвиги в сторону возрастания активности населения, направленного на поддержку курса нового лидера страны.

Доминирующим типом политического поведения в современном российском обществе является патерналистско-подданнический. Сегодня число сторонников сильного государства больше числа сторонников его либеральной модели, государственное регулирование экономики имеет большую поддержку, чем свободная конкурентная экономика. Выстраивается иная модель взаимоотношений личности и государства, нежели существующая в Западной Европе, где государство выступает гарантом интересов прежде всего личности и ее

взаимоотношений с обществом. Для россиян легитимным представляется такое государство, которое соблюдает не свои интересы как государства, воплощенного в госаппарате, а интересы общности, отражаемой понятием «народ». Российская социокультурная модель, как утверждает Н.А. Романович [1], предполагает приоритет интересов общества, выразителем которых выступает государство. Личные свободы и демократические права, хотя и важны, не являются решающими и отступают в тень перед другими соображениями – интересами общности. Данный факт подтверждают результаты опросов населения, проводимых аналитическим центром «Левада-Центр» [2]. Они показывают, что большинство поддерживает мнение о том, что «нашему народу постоянно нужна сильная рука» (43 %), «государство должно заботиться о людях» (82 %). Гарантом обеспечения защиты социально-экономических прав и свобод граждан, по мнению 49 % опрошенных, являются Президент и правительство страны. В этом проявляется другая особенность восприятия власти российскими гражданами – ее персонификация: люди видят в конкретном руководителе страны персонифицированное выражение государственной идеи. Поскольку данная идея представляет для граждан России несомненный приоритет, постольку и легитимный общенациональный лидер, как ее выразитель, пользуется доверием и поддержкой народа, при условии, что его деятельность отвечает интересам нации. Об этом свидетельствуют высокие рейтинги доверия Президенту.

С другой стороны, данные аналитического центра «Левада-Центр» указывают на категорические оценки ответов на вопрос: «Как Вы считаете, Вы можете повлиять на политические процессы в России?». Большинство полагает, что не может повлиять на политические процессы, происходящие в стране; лишь 14 % россиян считают, что они могут оказывать некоторое влияние на принятие государственных решений в стране; 85 % уверены, что у них нет такой возможности. Наиболее состоятельная

часть российского общества (с высоким потребительским статусом и те, кто могут позволить себе товары длительного пользования (70 %), а также жители Москвы), мужчины (64 %), россияне в возрасте 18 – 24 лет (66 %), со средним специальным образованием (68 %) стараются полагаться во всем на себя и избегать контактов с властью. Нежелание участвовать в политике россияне чаще всего мотивируют уверенностью в том, что их вовлеченность в политический процесс все равно не способна ничего изменить в сложившихся условиях – «плетью обуха не перешибешь» (34 %). На втором месте – убежденность в том, что политикой должны заниматься профессионалы, а не рядовые граждане (24 %). На третьем месте среди причин неготовности россиян к более активному личному участию в политике – отсутствие времени для этого (23 %).

Осознание факта отсутствия возможностей влияния на процесс принятия политических решений отчасти объясняет низкий уровень политической активности населения. В сознании граждан уживаются две модели: патерналистская, унаследованная от прошлого, и индивидуалистическая, выступающая для большинства как навязанная обстоятельствами жизни, но все-таки уже принятая модель решения собственных проблем.

Политическое сознание населения России противоречиво еще и в том, что, несмотря на высокие оценки деятельности В.В. Путина на посту премьер-министра, показатели эффективности деятельности правительства довольно низкие; большинство высказывает целый ряд претензий в его адрес и с ним, как правило, не связывают надежды на улучшение положения в стране.

Комментируя факты, указывающие на массовое или очень широкое доверие первым лицам, руководитель отдела социально-политических исследований аналитического центра «Левада-Центр» Б. Дубин [3] утверждает, что, в принципе, можно очень подробно, на данных показать, что ни о каком доверии, ни о какой поддержке речи здесь нет. Перед нами совершенно другое состояние социального вещества: это передоверие большинством какой бы то ни было инициативы первым лицам. В российской политической культуре, в политических умозрениях большинства право на инициативу имеет тот, кто выше, в пределе – самый высокий. Достаточно посмотреть данные исследований аналитического центра «Левада-Центр» в динамике. Вопрос, на котором строятся так называемые рейтинги – «В какой степени Вы одобряете то, как такой-то исполняет

должность, на которой сидит?» – измеряет не доверие, не поддержку, а степень соответствия того, как ведет себя фигура, демонстрируемая по телевидению, тем ожиданиям, иллюзиям, страхам, привычкам, которые есть у большинства населения. В данном случае мы имеем дело с тем, что 70, 75 % и больше процентов взрослого населения страны говорят примерно следующее: «Да, такой образ власти нам привычен. Нормально, у нас нет к ней, в этом смысле, претензий». На сегодняшний момент, заключает Б. Дубин, всех устраивает то, что есть, и нет таких политических, культурных, моральных сил и авторитетов, которые могли бы предложить какую-то альтернативную программу и взять на себя ответственность за ее реализацию. Социально-политическая жизнь современного российского социума, касающаяся путей, которым она должна следовать, характеризуется отсутствием альтернатив. Отношение россиян к власти определяется фактически девальвированной политикой, поскольку не существует элитных групп, не существует программ, не существует проблемы выбора и оценки эффективности различных действий политических сил. Вплоть до 2008 г., когда Путин уже отработал два срока, массив высказываний о том, почему люди его поддерживают, так по-прежнему и остался деленным на три примерно равные части. Одна треть поддерживает его, поскольку он справляется с проблемами страны, другая – надеется, что он еще покажет себя, третья – поддерживает, потому что «больше некого». Очевидна всеобщая установка на адаптацию, на поддержание статус-кво сегодня, чтобы не стало хуже завтра, что относится и к поведению так называемых политических сил, и к поведению первых лиц, и точно так же к поведению подвластных. Описанная ситуация дает все основания утверждать о ритуализации политической жизни, связанной с расхождением между властью и примыкающими к ней элитами, с одной стороны, и массами, большинством – с другой. В политике это проявляется в повышении символических акций обращения к «подавляющему большинству», доминированию национал-патриотических сил. При этом следует констатировать о символизации безальтернативности, меморизации коллективной идентичности россиян и медиатизации политики.

Исследование социоструктурных предпосылок политических ориентаций населения современной России в контексте проблемы консолидации общества и власти предлагает Н.М. Великая [4]. Она отмечает, что в россий-

ском обществе отсутствуют те виды социально-классовых и идеологических различий, которые в свое время выступили структурными основаниями политических систем западных демократий. «Очевидно, что политический центр и средние слои в России – явления совершенно различного порядка. У нас и не может быть социального центризма не в смысле отсутствия некоей «срединности» относительно бедности и богатства, а по причине отсутствия собственников – мелких и средних, которые заинтересованы в стабильности экономической и политической. Средние слои в современной России – это отнюдь не доминирующая производительная и общественная сила, а обслуживающий персонал тех, кто все контролирует: и власть, и собственность» [4, С. 65]. Согласно данной логике, доминирование центристов не согласуется с происходящими изменениями в социальной структуре, а именно, ее маргинализацией и дифференциацией на два сегмента: наиболее и наименее обеспеченных. Сегодня бедное население может идентифицировать себя только с государством, но никоим образом не с профсоюзами или политическими партиями. Электоральное и политическое поведение слабо коррелирует с социальной идентификацией, электоральный выбор определяет не только и не столько программа и идейная платформа партий и кандидатов, сколько правильно организованная предвыборная компания и имиджевые характеристики лидеров. Трансформационность социальной структуры современного российского общества предопределяет, таким образом, затрудненность процессов политической самоидентификации: идеологические ориентации практически не связаны с материальным и профессиональным статусом индивида, определяются во многом теми идеологическими штампами, которые навязываются государством и ведущими политическими партиями. Ментальная дифференциация строится не по линии сознания и реализации своих экономических и политических интересов, а по отношению к экономической и социальной политике государства. Соответственно, фрагментация политического пространства не устраивает ни политическую элиту, ни общество. Наблюдается скорее понижение степени самоопределения и дифференциации специфических интересов отдельных групп и в то же время избыточная консолидированность элитарных и властных структур.

Изучение отношения к власти через призму реализации основного закона страны – Конституции – представлено в работах В.Э. Бой-

кова [5]. Он указывает, что, с одной стороны, основной закон по своей сути открывает большие возможности совершенствования государственного управления социальными процессами, формирования гражданского общества и развития личности гражданина, в нем зафиксирован базовый принцип – признание человека, его прав и свобод высшей ценностью, а государство является правовым, социальным и светским. С другой стороны, практика реализации этих положений во взаимоотношениях между государством и его гражданами показывает, что существует ряд проблем как в отношении соблюдения самой государственной властью конституционных норм в реальной управленческой практике, так и в характере отношения граждан к государству в целом и к исполнению гражданских обязанностей. Общеизвестно, если государство не обеспечивает защиту и реализацию конституционных прав граждан, они платят ему той же «монетой»: отказываются от участия в выборах, от исполнения гражданских обязанностей – уклоняются от военной службы, от уплаты налогов и т.д. Такого рода взаимоотношения между государством и населением оборачиваются процветанием «теневой» экономики, разгулом преступности, тотальной коррупцией, другими негативными процессами, которые набирали силу еще до принятия Основного закона, но превратились в неотъемлемую часть образа жизни в современном российском обществе. Позитивному значению конституционной реформы в РФ и общественному представлению о ее предназначении противоречит, по мнению В.Э. Бойкова, то, что «прежняя (советская) командно-бюрократическая модель управления в стране заменена другой – еще более бюрократической и более коррумпированной моделью» [5, С. 64]. Рассматривая данные опросов в свете конституционных положений, В.Э. Бойков обращает внимание на то, что в настоящее время характер работы в органах государственной власти является для большинства чиновников синтезом достаточно высокого общественного статуса и канцелярского стиля, обеспечивающих им самодостаточность и независимость от общественного мнения. В этой связи выглядит закономерной реакция граждан на действия властей, в которой преобладают конформизм и отчуждение.

Результатом отмены «порога явки» на выборах и графы «протестного голосования» в избирательных бюллетенях, что противоречит духу Конституции и нарушает избирательные права граждан, стал новый импульс углубления политического отчуждения народа от по-

литического участия и управления, о чем говорят данные опросов, характеризующие изменение отношения российских избирателей к выборам. Негативизм в отношении к выборам проявляется не в безразличии, а скорее в пассивности, обусловленной отсутствием уверенности опрошенного населения в практической значимости гражданского волеизъявления на выборах и реальным историческим опытом достаточно проблематичного взаимодействия государства с гражданским обществом. В целом, постулируется политико-правовое отчуждение государственной власти от народа, суть которого состоит «в метаморфозе, когда народ из источника власти де-юре, в той или иной мере, становится де-факто объектом ее бюрократических манипуляций» [5, С. 67].

На отношение населения к власти и ее носителям большое влияние оказывает рассогласование между восприятием ценности демократии и ее реализацией в реальной политической практике. С одной стороны, ценность демократии стала достаточно популярной, а с другой – процессы демократизации в общественном восприятии носят номинальный характер, т.е. не соответствуют своему назначению. Это находит выражение в положительном отношении большинства опрошенных к многопартийности, к выборам как форме гражданского волеизъявления, в целом к развитию демократии в стране. Одновременно с этим в обществе наблюдается низкий уровень доверия к политическим партиям, к выборному процессу, к реформированию государственного и муниципального управления. Высок уровень отчуждения основной массы населения от властей в целом. Сложившийся политический режим в российском обществе, трактуемый в данном случае не как государственный строй, а как совокупность реальных правоотношений, ассоциируется в массовом сознании преимуще-

ственно не столько с демократией, сколько с политикой административного диктата и произвольного использования власти высокопоставленными должностными лицами и чиновниками государственного аппарата.

Выводы. Складывается довольно противоречивая картина отношений россиян с властью. В целом большинство населения поддерживает политику укрепления центральной власти, связывая ее с «наведением порядка в стране», утраченного в 1990-е годы. С другой стороны, жители России чувствует значительную степень отчуждения от государства: большинство населения ощущает, что оно не способно влиять на принимаемые государственные решения, а эти решения, как правило, не влияют на повседневную жизнь граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Р о м а н о в и ч Н.А. Демократические ценности и свобода «по-русски» // Социологические исследования. 2002. № 8. С. 35 – 39.
2. Общественное мнение-2008. Ежегодник. – М.: Левада-Центр, 2008. С. 19 – 26.
3. Д у б и н Б. Характер массовой поддержки нынешнего режима: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.levada.ru/press.html> (дата обращения: 10.04.2012 г.).
4. В е л и к а я Н.М. Проблемы консолидации общества и власти // Социологические исследования. 2005. № 5. С. 60 – 71.
5. Б о й к о в В.Э. Конституция, власть и народ. Россия 1990-х – начала XXI века // Социологические исследования. 2009. № 1. С. 62 – 67.

© 2013 г. Е.П. Сафонова
Поступила 11 апреля 2012 г.

РЕФЕРАТЫ

УДК 669.184.244.66:669.184.242

Разработка и оптимизация конструкции головок четырехсопловых кислородных фурм для большегрузных конвертеров, работающих в условиях передувки / Протопопов Е.В., Корвякова М.Н., Чернятевич А.Г., Фейлер С.В. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 3.

Описана методика расчета параметров газовых струй и профиля сопел кислородных фурм для условий выплавки низкоуглеродистого металла в 350-т конвертере ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». Разработанные решения позволяют обеспечить работу составных сопел фурмы без возможного эрозионного износа закритической части сопла с приемлемой степенью нерасчетности. Цилиндрический насадок позволяет стабилизировать сверхзвуковой поток кислорода, увеличить длину начального и переходного участков струи, что важно для организации «жесткой» продувки конвертерной ванны на завершающем этапе операции с целью снижения окисленности металла и шлака. Предложенные конструкции сопел кислородных фурм позволяют улучшить технико-экономические и качественные показатели плавов при производстве низкоуглеродистого металла. Ил. 2. Библ. 10.

Ключевые слова: фурма, кислород, конвертер, сталь, конструкция, сопла Лаваля, сверхзвуковые кислородные струи.

Development and optimization of heads design for four-jet oxygen lance made for high-capacity converters working in conditions of overblowing / Protopopov E.V., Korvyakova M.N., Chernyatevich A.G., Feiler S.V. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 3.

Described is the method of calculating the parameters of gas jets and nozzles profile of oxygen lances for low-carbon metal melting in 350-ton converter of «Evraz ZSMK». The developed solutions provide work of composite lance nozzles without possible erosive wear of the supercritical part of nozzle with off-design of reasonable degree. Cylindrical nozzle provides stabilization of the supersonic oxygen flow, increase of the initial and transition areas of the jet, which is important in organization of «hard» lancing of converter bath at final stage of operation in order to reduce oxidation of metal and slag. The proposed design of oxygen lance nozzles improves feasibility and quality indicators of melts in low-carbon metal production. Fig. 2. Ref. 10.

Keywords: lance, oxygen, BOF, steel, construction, Laval nozzles, supersonic oxygen jets.

УДК 621.771

Закономерности формирования напряженно-деформированного состояния металла при сортовой прокатке / Уманский А.А., Кадыков В.Н., Мартянов Ю.А. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 8.

С использованием инженерного программного комплекса DEFORM 3D проведено моделирование напряженно-деформированного состояния металла при прокатке в сортовых калибрах различной формы. Наиболее благоприятная схема напряженно-деформированного состояния создается при высокой степени подобия формы исходной заготовки и используемых для прокатки калибров. Установлена взаимосвязь между течением металла в различных зонах сортовых калибров при прокатке и напряженно-деформированным состоянием металла. Наибольшее использование запаса пластичности происходит в центральной зоне калибра, где имеет место только вертикальное перемещение металла в направлении обжатия. Более благоприятные условия при деформации металла создаются в боковых зонах калибра, где поверхностные слои металла одновременно перемещаются в направлении обжатия и в горизонтальной плоскости по направлению от центра калибра к его периферии. Полученные данные использованы при разработке новой калибровки черновой группы клетей непрерывного мелкосортного стана 250-2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», внедрение которой позволило улучшить качество поверхности готового проката. Выход годного при производстве конструкционного металла увеличился на 3 %. Ил. 3. Библ. 6.

Ключевые слова: калибры прокатных валков, деформация, заготовка.

The principles of deflected mode formation in metal during flat-and-edge rolling / Umanskiy A.A., Kadykov V.N., Martianov Yu.A. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 8.

Using DEFORM 3D engineering software package modeling of deflected mode in metal during rolling in bar pass of different shapes has been carried out. The most preferable scheme of deflected mode is created by high

degree of similarity of the primary blank form and the form of the pass used for rolling. Relationship between metal flow in various zones of bar pass during rolling and deflected mode of metal has been established. The biggest use of plasticity reserve occurs in the central zone of the pass, where only vertical movement of metal in the direction of compression takes place. More favorable conditions are created by deformation of metal in lateral zones of the pass, where surface layers of metal simultaneously move in direction of compression and in horizontal plane from center to periphery of the pass. The received data have been used in design of new roll pass for roughing train of «EVRAZ ZSMK» 250-2 continuous light-section mill, which implementation has improved surface quality of finished products. Structural metal yield had been increased by 3 %. Fig. 3. Ref. 6.

Keywords: mill roll pass, deformation, blank.

УДК 538.913

Порошки стабилизированного иттрием диоксида циркония: анализ фазового и элементного составов, дефектной субструктуры / Иванов Ю.Ф., Абзаев Ю.А., Толкачев О.С., Филимонов С.Ю., Коновалов С.В. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 11.

Выполнен анализ фазового и элементного составов, дефектной субструктуры порошков стабилизированного иттрием диоксида циркония, подвергнутых ультразвуковому воздействию. Обработка порошка мощным ультразвуком приводит к увеличению степени дефектности частиц диоксида циркония. Установлено, что использование ультразвука при прессовании инициирует процесс преобразования кубической и тетрагональной модификаций диоксида циркония в моноклинную. Ил. 4. Библ. 8.

Ключевые слова: диоксид циркония, иттрий, ультразвуковое воздействие.

Powders of yttrium-stabilized zirconium dioxide: the analysis of phase and elemental compositions, defect substructure / Ivanov, Yu.F., Abzaev Yu.A., Tolkachev O.S., Filimonov S.Yu., Konovalov S.V. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 11.

Analysis of phase and elemental compositions, defect substructure of powders of yttrium-stabilized zirconium dioxide subjected to ultrasound exposure is carried out. The high energy ultrasonic treatment of the powder leads to increase in the degree of imperfection of zirconium dioxide particles. It has been established that the use of ultrasound in pressing process initiates conversion of cubic and tetragonal modifications of zirconium dioxide into the monoclinic one. Fig. 4. Ref. 8.

Keywords: zirconium dioxide, yttrium, ultrasonic influence.

УДК 621.318.1.001.5

Неприменимость гипотез скейлинга к квазиодномерным магнитным материалам при низких температурах / Шабунин М.Е., Шабунина Е.В., Удодов В.Н. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 15.

Доказана неприменимость гипотез статического и динамического скейлинга к низкоразмерной магнитной наносистеме, описываемой моделью Изинга. Особенно сильные нарушения следствий из этих гипотез наблюдаются при низких температурах. Библ. 6.

Ключевые слова: гипотеза скейлинга, модель Изинга, наномagnet, квазиодномерная система.

Scaling hypothesis inapplicability to quasi-one-dimensional magnetic materials under low temperatures / Shabunin M.E., Shabunina E.V., Udodov V.N. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 15.

Proved is inapplicability of scaling hypothesis for low-dimensional magnetic nanosystem described by the Ising model. Particularly strong hypothesis violations are observed at low temperatures. Ref. 6.

Keywords: scaling hypothesis, the Ising model, nanomagnet, quasi-one-dimensional systems.

УДК 621.785:669.1.08.29

Структура покрытий, сформированных методом электровзрывного напыления, после электронно-пучковой обработки / Олесюк О.В., Романов Д.А., Будовских Е.А., Коновалов С.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Тересов А.Д. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 16.

Проанализированы дислокационные субструктуры электровзрывных композиционных покрытий, сформированных на поверхности меди и модифицированных высокоинтенсивным электронным пучком. Выявлено формирование многофазной высокодефектной структуры в поверхностном слое покрытия. Установлено, что в покрытиях составов Mo – Cu и W – Cu вторыми фазами являются наноразмерные частицы молибдена и вольфрама. В покрытиях составов Mo – Cu – C, W – C – Cu и TiB₂ – Cu выявлено формирование частиц вторых фаз – карбидов Mo₂C и WC, борида титана Ti₂B₅. Ил. 5. Библ. 7.

Ключевые слова: дислокационная субструктура, молибден, вольфрам, карбид, борид титана.

Structure of coatings formed by electroexplosive spraying after electron beam processing / Romanov D.A., Olesyuk O.V., Budovskikh E.A., Konovalov S.V., Ivanov Yu.F., Teresov A.D. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 16.

Analyzed are dislocation substructures of electroexplosive composite coatings formed on copper surface and modified high intensity electron beam. Formation of multiphase high defect structure on the coating surface layer is revealed. It is established that in Cu and Mo – W – Cu coatings second phases are nanosize particles of molybdenum and tungsten. In coatings of Mo – Cu – C, W – C – Cu and TiB₂ – Cu formation of the second phases particles of Mo₂C and WC carbides, and Ti₂B₅ boride of titanium are detected. Fig. 5. Ref. 7.

Keywords: dislocation substructure, molybdenum, tungsten, carbide, titanium boride.

УДК 621.791:624

Влияние углеродфторсодержащей флюс-добавки на уровень загрязненности металла сварного шва оксидными неметаллическими включениями / Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Роор А.В. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 20.

Проведены экспериментальные исследования влияния введения углеродфторсодержащей добавки, изготовленной с использованием отходов металлургического производства в виде пыли (с химическим составом 25 – 30 % Al₂O₃; 30 – 50 % Na₃AlF₆; 25 – 35 % CF_x (при 1 ≥ x > 0)), в окислительные флюсы АН-348, АН-60, АН-67 при сварке стали 09Г2С и в алюминатно-основной флюс ОК Flux 10.71 при сварке стали 10ХСНД. С точки зрения исключения образования в металле сварного шва неметаллических включений оптимальным является использование углерода в качестве раскислителя, так как образующиеся газообразные соединения оксид и диоксид углерода легко удаляются и не загрязняют металл шва неметаллическими включениями. Установлено, что при использовании 4 – 6 % исследуемой углеродфторсодержащей добавки снижается общее содержание кислорода в металле шва, при этом концентрация углерода в металле сварных швов остается на уровне концентрации углерода в основном металле. Ил. 3. Библ. 7.

Ключевые слова: дуговая сварка, флюс, углеродфторсодержащая добавка, сварной шов.

Influence of carbon-fluorine welding fluxes additive on weld pollution with nonmetallic inclusions / Kozurev N.A., Kryukov R.E., Roor A.V. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 20.

Experimental research on influence of CF-containing additive, produced from metallurgical dust wastes (with the following chemical composition: 25 – 30 % of Al₂O₃; 30 – 50 % of Na₃AlF₆; 25 – 35 % of CF_x (when 1 ≥ x > 0)) on АН-348, АН-60, АН-67 (where АН notes an enterprise within Ukrainian Academy of Science which has develop the brand) oxidative fluxes at 09Г2С (09G2S) steel welding and on ОК Flux 10.71 alluminate basic flux at 10ХСНД (10ChSND) steel welding has been made. In terms of decrease of nonmetallic inclusions in welding seam metal use of carbon as a deoxidizer would be optimal because emitted gaseous compounds like CO and CO₂ are easily withdrawn and do not contaminate welding seam metal with nonmetallic inclusions. It has been revealed that use of CF-containing additive in an amount of 4 to 6 % decrease total oxygen content in weld metal, while the carbon concentration in welds corresponds to carbon concentration in the base metal. Fig. 3. Ref. 7.

Keywords: arc welding, flux, carbon-fluorine containing additive, welding seam.

УДК 622.817.4

Анализ газодинамических процессов и методов управления ими в зоне влияния очистных работ / Поздеев И.А. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 25.

Проведен анализ опыта управления метановыделением при отработке газоносных угольных пластов и направлений научных исследований по совершенствованию способов и средств повышения эффективности метановыделения. Предложена идея разработки методики оперативного прогноза параметров метановыделения, напряженно-деформируемого состояния геомассива и динамики формирования газового коллектора с использованием математической модели, настраиваемой по результатам мониторинга метановоздушной смеси. Ил. 5. Библ. 11.

Ключевые слова: дегазация, угольный пласт, углепородный массив, опорное давление, зона разгрузки, газодинамические процессы, газовый коллектор.

Analysis of gas dynamic processes and control methods in breakage heading zone of influence / Pozdeev I.A. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 25.

Analysis of methane control experience during developing gas-bearing coal beds and the directions of scientific research improving methods and means of raising methane release efficiency. Idea of developing methane release parameters, geomassif mode of deformation and dynamics of gas collector formation predicting using mathematical model, adjusted by results of monitoring of methane-air mixture is proposed. Fig. 5. Ref. 11.

Keywords: degassing, coal bed, coal mass array, reference pressure, discharge zone, gas dynamic processes, gas collector.

УДК 622.831

Методика оценки процессов деформирования неоднородного углепородного массива при отработке угольных месторождений / Никитина А.М. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 30.

Рассмотрена проблема применения численного метода конечных элементов при решении трехмерной задачи. Предложено использовать метод трехмерной дискретизации геомеханической модели неоднородного массива горных пород с последовательным выделением вложенных областей и подобластей. Разработан алгоритм решения трехмерной задачи. Показано, что метод вложенных диагональных областей и подобластей позволит достичь высокой точности при относительно небольшом числе конечных элементов. Ил. 1. Библ. 3.

Ключевые слова: процессы деформирования, угольные месторождения, метод конечных элементов, трехмерная задача.

Evaluation techniques of deforming processes of an inhomogeneous rock mass in coal mining fields / Nikitina A.M. // Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 30.

This article is devoted to the problem of the use of numerical finite element method for solving three-dimensional problem. It is offered to use the method of three-dimensional non-uniform sampling of the geomechanical model of the rock mass with consistent separation of embedded domains and subdomains. An algorithm for solving three-dimensional problem is developed. It is shown that the method of nested domains and subdomains diagonal allows achieving high accuracy in a relatively small number of finite elements. Fig. 1. Ref. 3.

Keywords: deforming processes, mining fields, method of finite element, three-dimensional problem.

УДК 621.791.05:620.179

Новая методология оценки работоспособности и ресурса основного металла и сварных соединений потенциально-опасного оборудования топливно-энергетического комплекса / Смирнов А.Н., Абабков Н.В., Фольмер С.В. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 32.

Представлена принципиально новая методология, основанная на выявлении закономерностей изменения структурно-фазового состояния и полей внутренних напряжений в длительно работающем металле и в сварных соединениях спектрально-акустическим методом. Разработаны комплексный акустический кри-

терий предельного состояния длительно работающего металла энергооборудования и критерий оценки ресурса сварных соединений потенциально-опасного оборудования топливно-энергетического комплекса. Ил. 3. Библ. 12.

Ключевые слова: спектрально-акустический метод, структурно-фазовое состояние, поля внутренних напряжений.

New method of estimation of resource and durability of the base metal and weld joints of potentially hazardous equipment in fuel and energy sector / Smirnov A.N., Ababkov N.V., Folmer S.V. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 32.

The paper presents radically new methodology, based on identification of patterns of change in structure-phase condition and fields of internal stress in the long running metal and weld joints by spectral acoustic method. Comprehensive acoustic criterion of limiting condition for a long time working metal of power equipment and the criterion for estimation of weld joints life of FEC potentially dangerous equipment are developed. Fig. 3. Ref. 13.

Keywords: spectral acoustic method, structure-phase condition, fields of internal stresses.

УДК 662.8

Разработка агрегата и технологии для эффективного сжигания дисперсных отходов углеобогащения во вращающемся потоке / Багрянцев В.И., Бровченко С.А., Подольский А.П., Рыбушкин А.А., Темлянцева М.В., Казимиров С.А. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 36.

Приведена краткая характеристика отходов обогащения угля. Описана конструкция разработанной цилиндрической вихревой топki для сжигания отходов углеобогащения. Приведены результаты исследований аэродинамических параметров топki, установлено распределение тангенциальной скорости частиц топлива по радиусу топki и распределение циркуляции скорости и давления газа по радиусу топki при горячих и холодных экспериментах для различных расходов воздуха. Описаны результаты исследований теплотехнических параметров сжигания угля в вихревой топке, установлено распределение температуры газа по радиусу топki, приведены параметры вредных выбросов при сжигании угля. Описаны режимы сжигания угля, промпродукта и шламов, приведены результаты исследований особенностей сжигания высокозольных углей и шламов. Сформулированы выводы о конструкции топki вихревого типа и эффективности сжигания во вращающемся потоке воздуха твердого дисперсного топлива с высокой зольностью и влажностью. Ил. 5. Библ. 7.

Ключевые слова: отходы обогащения угля, вихревая топка, аэродинамические параметры, конструкция, вращающийся поток, футеровка, температура, продукты сгорания, зола.

Development and assembly technologies for efficient combustion of waste coal dispersed in rotating flow / Bagryantsev V.I., Brovchenko S.A., Podolsky A.P., Rybushkin A.A., Temlyantsev M.V., Kazimirov S.A. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 36.

The short characteristic of coal enrichment wastes is provided. The design of the developed cylindrical vortex combustion chamber for burning of coal preparation wastes is described. Results of combustion chamber aerodynamic parameters are given, distribution of tangential speed of fuel particles along combustion chamber radius and distribution of circulation of gas speed and pressure along combustion chamber radius is established in hot and cold experiments for various air consumption. Results of thermo-technical parameters survey of coal burning in vortex combustion chamber are described, distribution of gas temperature along the combustion chamber radius is established, parameters of coal burning hazardous emissions are specified. Modes of coal, industrial product and slurry burning are described, results of research on high-ash coals and slurry combustion specifications are given. Conclusions about the design of vortex type combustion chamber and efficiency of burning of firm disperse fuel of high ash-content and humidity in rotating air stream are formulated. Fig. 5. Ref. 7.

Keywords: coal enrichment wastes, vortex combustion chamber, aerodynamic parameters, design, rotating stream, lining, temperature, combustion products, ashes.

УДК 69.059.2

Повышение сейсмостойкости при капитальном ремонте многоквартирных жилых домов с несущими кирпичными стенами / Запольский А.С. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 42.

Рассмотрен вопрос оценки дефицита сейсмостойкости многоквартирных жилых домов с несущими кирпичными стенами в Кемеровской области. Предложен перечень мероприятий по восстановлению или усилению конструкций кирпичных стен и сборных железобетонных перекрытий для повышения сейсмостойкости здания. Ил. 2. Библ. 3.

Ключевые слова: капитальный ремонт, сейсмичность, антисейсмический шов, антисейсмический пояс, жесткий диск, сейсмостойкое исполнение.

Improving seismic resistance during capital repair of apartment houses with bearing brick walls / Zapol'skiy A.S. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 42.

The question of evaluation of seismic stability deficit of apartment housing with bearing brick walls in Kemerovo region is considered. A list of measures of restoration or enhancement for brick walls and precast concrete slabs structures in order to improve seismic resistance of the building is proposed. Fig. 2. Ref. 3.

Keywords: capital repair, seismicity, anti-seismic joint, anti-seismic belt, hard drive, seismic design.

УДК 669:658.012(075)

Анализ реальных инвестиций в программе развития ОАО «НКМК» / Быстров В.А., Вуцан Е.С. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 45.

Проанализировано финансово-экономическое состояние ОАО «НКМК» и проведен анализ реальных инвестиций комбината в программе инвестиционного развития до момента слияния в ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». Ил. 2. Табл. 2. Библ. 2.

Ключевые слова: инвестиционная политика, бюджет предприятия, экономический кризис.

Analysis of real investments in the development program of «NKMK» JSC / Bystrov V.A., Vutsan E.S. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 45.

Financial and economic state of «NKMK» JSC is analyzed, analysis of real investments of the integrated iron-and-steel works in the program of investment development until merging in «EVRAZ ZSMK» JSC is carried out. Fig. 2. Table 2. Ref. 2.

Keywords: investment policy, budget of the enterprise, economic crisis.

УДК 378.147.004

Дидактические и технологические предпосылки формирования стандартизированной информационно-образовательной среды / Атрошкина А.А. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 50.

Выявлены дидактические и технологические предпосылки формирования стандартизированной информационно-образовательной среды, а также их влияние на реализацию образовательного процесса в ходе электронного обучения. Библ. 4.

Ключевые слова: образовательные предпосылки электронного обучения, персонализация образования, когнитивная модель обучения, технологические предпосылки электронного обучения, адаптивные методы обучения, особенности стандартов электронного обучения.

Didactic and technological prerequisites for the formation of standardized educational environment / Atroshkina A.A. // Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 50.

Didactic and technological conditions of standardized information learning environment formation were defined in this work and their influence on the educational process with the usage of e-learning as well. Ref. 4.

Keywords: educational conditions of e-learning, personalization in e-learning, educational cognitive model, technological conditions of e-learning, intellectual learning systems, adaptive learning methods, special features of e-learning standards.

УДК 378.6.001.85

Новый подход к изучению явления внешнего фотоэффекта в лабораторных условиях / Коваленко В.В., Коновалов С.В. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 53.

Рассмотрено состояние проблемы и вопросы развития современного естественно-научного образования. На основе постоянно совершенствующихся направлений проведения физического эксперимента предложен актуализированный метод изучения внешнего (фотоэлектрического) эффекта с количественной интерпретацией результатов тестирующего лабораторного эксперимента, адаптированный для студентов младших курсов. Ил. 2. Библ. 3.

Ключевые слова: внешний фотоэлектрический эффект, вольт-амперная характеристика, зависимость.

A new approach to the study of phenomena of the external photoelectric effect in laboratory conditions / Kowalenko V.V., Konovalov S.V. // The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 53.

This article is devoted to conditions, problems and questions of modern natural – scientific education development. On the basis of constantly being improved directions of carrying out physical experiments the actualized methods of studying of the quantum phenomena – photo-electric effect – with quantitative interpretation of results of the testing laboratory experiment, adapted for junior students are offered. Fig. 2. Ref. 3.

Keywords: outer photo-electric effect, volt-ampere characteristic, dependence.

УДК 316.662:316.462

Отношение населения России к власти: социологический опрос / Сафонова Е.П. // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 4 (6). – С. 56.

Предлагается социологическое исследование особенностей отношения населения постсоветской России к власти. Приведен вторичный анализ результатов опроса, проводимых аналитическим центром «Левада-Центр», показаны социокультурные предпосылки политических ориентаций граждан. Библ. 5.

Ключевые слова: население, власть, опрос, социологическое исследование.

The ratio of the population of Russia to the power: a sociological survey / The Bulletin of SibSIU. – 2013. – № 4 (6). – P. 56.

A social features study of the population relationship of the post-Soviet Russia to the power is offered. A secondary analysis of the survey results is conducted by the analytical center «Levada-Center». Sociocultural prerequisites of political orientations of citizens are shown. Ref. 5.

Keywords: people, power, survey, sociological research.

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:

1. Металлургия и материаловедение.
2. Горное дело и геотехнологии.
3. Машиностроение и транспорт.
4. Энергетика и электротехнологии.
5. Химия и химические технологии.
6. Архитектура и строительство.
7. Автоматизация и информационные технологии.
8. Экология и рациональное природопользование.
9. Экономика и управление.
10. Образование и педагогика.
11. Гуманитарные науки.
12. Социальные науки.
13. Отклики, рецензии, биографии.

К рукописи следует приложить рекомендацию соответствующей кафедры высшего учебного заведения и акт экспертизы.

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 скан-копии сопроводительных документов рекомендуется направлять по электронной почте ответственному секретарю журнала на e-mail: konovserg@gmail.com с пометкой «статья в Вестник СибГИУ».

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 рас-

пространенных 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 того, 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 библиографическом списке фамилии авторов, полное на-

звание 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 Издательская деятельность (Периодические издания (Журнал «Вестник СибГИУ»)).

