

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»  
Российская академия естественных наук

**ВЕСТНИК  
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ СЕКЦИИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

Отделение металлургии

*Сборник научных трудов*

*Издается с 1994 г. ежегодно*

Выпуск 23

Москва  
Новокузнецк  
2009

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)  
ББК 34.3я4  
В 387

**В 387 Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 23 / Редкол.: Л.П. Мышляев (главн. ред.) [и др.]: Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк, 2009. – 241 с., ил.**

Препринтное издание сборника статей, подготовленных авторскими коллективами, возглавляемыми действительными и почетными членами и членами-корреспондентами РАЕН, других профессиональных академий, профессорами вузов России. Представлены работы по различным направлениям исследований в области металлургии черных и цветных металлов и сплавов, порошковой металлургии и композиционных материалов, физики металлов и металловедения, экономики и управления на предприятиях, проблем высшего образования.

Сборник реферируется в РЖ Металлургия.  
Ил. 66, табл. 30, библиогр. назв. 129.

*Редакционная коллегия:* д.т.н., проф., д.ч. РАЕН, вице-президент РАЕН *В.Ж. Аренс*; д.т.н., проф. *Л.П. Мышляев* (главн. редактор), СибГИУ; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН *Г.В. Галевский* (зам. главн. редактора), СибГИУ; д.т.н., проф., советник РАЕН *М.В. Темлянец* (зам. главн. редактора), СибГИУ; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН, академик РАН *А.В. Елютин*, МИСиС; к.х.н., проф., д.ч. МАНЭБ *Н.М. Кулагин*, СибГИУ; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН *В.А. Роменец*, МИСиС; к.х.н., проф., советник РАЕН *В.В. Руднева* (отв. секретарь), СибГИУ; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН *В.С. Стрижко*, МИСиС; д.т.н., проф., д.ч. РАЕН *Г.И. Эскин*, ВИЛС.

*Рецензент:* профессор, доктор технических наук, д.ч. МАН ВШ  
*С.М. Кулаков*

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)  
ББК 34.3я4

© Сибирский государственный индустриальный университет, 2009

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ И РУКОВОДИТЕЛЯХ  
АВТОРСКИХ КОЛЛЕКТИВОВ

Анохина Н.К.	д-р культурологи, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Айзатулов Р.С.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Базайкин В.И.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Быстров В.А.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Веревкин В.И.	д-р техн. наук, проф., КузГПА, г. Новокузнецк
Галевский Г.В.	д-р техн. наук, проф., д.ч. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк
Минцис М.Я.	канд. техн. наук, проф., д.ч. МАНЭБ, СибГИУ, г. Новокузнецк
Павленко С.И.	д-р техн. наук, проф., чл.-корр. Международной Академии инженерных наук, д.ч. Нью-Йоркской АН, д.ч. МАН ВШ, СибГИУ, г. Новокузнецк
Перетяцько В.Н.	д-р техн. наук, проф., чл.-корр. Академии инженер- ных наук, СибГИУ, г. Новокузнецк
Селянин И.Ф.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Темлянцев М.В.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Черепанов К.А.	д-р техн. наук, проф., д.ч. МАНЭБ, чл.-корр. САН ВШ, СибГИУ, г. Новокузнецк
Якушевич Н.Ф.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	8
МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ .....	9
<i>А.А. Пермяков, Н.Ф. Якушевич, А.А. Назарова</i> Типоморфные особенности минералов шлаков марганцевых лигатур.....	10
<i>А.А. Пермяков, Н.Ф. Якушевич, А.А. Назарова</i> Типоморфные особенности минералов шлаков титановых лигатур .....	16
<i>А.А. Одинцов, В.А. Долинский</i> Оптимизация производительности дробильно-сортировочного оборудования для подготовки твердого топлива к агломерации .....	25
<i>В.А. Долинский, Л.Д. Никитин, В.П. Горбачев, Л.В. Портнов,     К.И. Домнин</i> Влияние мелких фракций кокса на показатели доменной плавки.....	33
<i>Р.С. Айзатулов, А.А. Уманский, Н.А. Чернышева</i> Статистический анализ влияния состава металлической шихты на основные техничко-экономические показатели работы электросталеплавильного цеха ОАО «НКМК» .....	39
<i>В.А. Дорошенко, Б.В. Дорошенко</i> Кислородно-конвертерный передел чугунов с различным содержанием марганца и фосфора .....	47
<i>М.В. Матвеев, М.В. Темлянецв</i> Совершенствование тепловой работы и конструкции футеровок 130-т сталеразливочных ковшей.....	52
<i>М.Я. Минцис</i> Выбор основополагающих параметров алюминиевых электролизеров .....	56
<i>И.Ф. Селянин, В.Б. Деев, С.А. Цецорина</i> Разделительная диффузия компонентов при кристаллизации металлических расплавов.....	59
<i>А.П. Коробейников, А.Н. Филин, М.В. Федотов, В.В. Барыльников</i> Термодинамический анализ процесса угара марганца при выплавке марганцевых сплавов.....	63
<i>А.В. Феоктистов, И.Ф. Селянин, С.А. Бедарев, А.В. Прохоренко,     В.А. Марченко</i> Опыт применения в ваграночной плавке чугунного лома с повышенным содержанием гидроксида железа.....	70
<i>М.В. Темлянецв, О.Д. Олендаренко, Е.Н. Темлянцева</i> Исследование влияния защитных покрытий на интенсивность окисления и обезуглероживания рельсовой стали при высокотемпературном нагреве под прокатку .....	75



<i>В.И. Базайкин, В.П. Симаков, В.Я. Чинокалов, О.Ю. Ефимов</i>	
Оценка напряжений и усилий на торцевой поверхности горизонтального вала стана 450 при производстве двутавров .....	80
<i>Е.О. Казырский, М.В. Филиппова</i>	
Математическая модель непрерывного прокатного стана и ее реализация	88
<i>В.Н. Перетяцько, С.В. Сметанин</i>	
Совершенствование технологии прокатки трамвайных желобчатых рельсов на основе анализа напряженно-деформированного состояния.....	94
<i>М.В. Филиппова, В.Н. Перетяцько</i>	
Выдавливание в закрытых штампах .....	101
<i>А.П. Коробейников, А.Н. Филлин, А.В. Тутынин</i>	
Физические свойства карбонильных соединений четвертого ряда периодической системы Д. И. Менделеева .....	106
<i>А.П. Коробейников, А.Н. Филлин, О.Б. Ключева</i>	
Анализ энтальпии алюминатов подгруппы бериллия.....	114
<b>ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....</b>	<b>119</b>
<i>Г.В. Галевский, В.В. Руднева</i>	
Закономерности формирования частиц тугоплавких карбидов в процессах плазменного восстановительного синтеза.....	120
<i>И.В. Ноздрин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева, И.А. Журавлева</i>	
Синтез, свойства и применение нанодисперсного порошка диборида хрома .....	127
<i>И.В. Ноздрин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева, И.А. Журавлева</i>	
Исследование свойств композиционного материала никель – диборид хрома .....	131
<i>М.В. Луханин, С.И. Павленко, Е.Г. Аввакумов</i>	
Исследование механохимического синтеза как метода получения нанодисперсных частиц сложных оксидов (на примере получения муллита) .....	136
<b>ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>147</b>
<i>Т.Н. Осколкова, В.А. Стяжкин</i>	
Ионно-плазменное покрытие на твёрдом сплаве ВК10КС.....	148
<i>В.А. Петрунин, С.В. Коновалов, О.А. Столбоушкина, Р.А. Филипьев, В.Е. Громов</i>	
Влияние электрического потенциала на микротвердость кремнистого железа .....	153

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ .....	157
<i>С.Г. Галевский</i>	
Количественный и качественный подходы к оценке вероятности банкротства .....	158
<i>В.А. Быстров, Р.С. Ермолаев, А.В. Стак</i>	
Проблемы обеспечения металлургических предприятий юга Кузбасса железородным сырьем .....	167
<i>В.А. Быстров, А.В. Стак, Р.С. Ермолаев</i>	
Возможности управления материальными запасами с использование математического моделирования .....	173
<i>К. А. Черепанов, М.В. Темлянец, З.А. Масловская</i>	
О комплексном подходе к решению проблемы энергосбережения .....	179
<i>К.А. Черепанов, М.В. Темлянец, Е.Н. Темлянцева</i>	
Изготовление огнеупорных и теплоизоляционных материалов и изделий с использованием коллоидно-кремнеземистой связки .....	183
<i>Ю.К. Осипов, О.В. Матехина</i>	
Биология строительства .....	187
ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	191
<i>Н.К. Анохина</i>	
К вопросу фундаментализации российского инженерного образования в рамках болонского процесса.....	192
<i>Э.С. Гершгорин, А.А. Костюков</i>	
Некоторые проблемы развития высшего образования в условиях самостоятельности регионов .....	199
<i>Н.Е. Анохина</i>	
Некоторые проблемы обучения студентов вуза праву с использованием деловых игр.....	205
<i>Е.Г. Оршанская</i>	
Применение компьютерного тестирования в процессе обучения иностранному языку в вузе .....	210
<i>Г.Н. Черновский</i>	
Физическое воспитание как процесс симбиоза осознанного воздействия на развитие физических качеств и укрепление здоровья студентов .....	214
<i>Л.А. Фролова, А.П. Коробейников, А.Н. Филин</i>	
Методика преподавания начертательной геометрии в техническом университете.....	218
<i>Т.А. Михайличенко, В.В. Стерлигов, А.Е. Корочкин</i>	
Компетентностный подход – основа высшего профессионального образования.....	221

<i>Т.А. Михайличенко, С.Г. Коротков, Н.А. Драничников</i> Учебная дисциплина «Введение в специальность» в свете нового образовательного стандарта.....	225
<i>А.В. Феоктистов, М.В. Темлянцев, Ю.А. Пустовойт, Е.А. Сафонова, Д.И. Оршанский</i> Освоение рабочих компетенций в современном вузе: опыт сравнительного анализа мнений студентов и заведующих выпускающими кафедрами .....	229
<b>ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ И БИОГРАФИИ.....</b>	<b>236</b>
<i>В.И. Веревкин</i> Рецензия на монографию «Производство марганецсодержащих материалов и сплавов с использованием руд месторождений Западной Сибири» (авторы: И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина) .....	237
<b>К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ .....</b>	<b>239</b>

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

23-й выпуск сборника научных трудов «ВЕСТНИК ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ СЕКЦИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК. ОТДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИИ» включает результаты научных исследований в области металлургии, металловедения, физики металлов, экономики, экологии и проблем высшего профессионального образования.

В состав авторских коллективов, помимо исследователей ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк), вошли сотрудники ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат», ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат» (г. Новокузнецк), Новокузнецкого филиала-института ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет» (г. Новокузнецк), Института химии твердого тела и механохимии СО РАН (г. Новосибирск).

Результаты исследований авторских коллективов, опубликованные в настоящем сборнике, посвящены вопросам усовершенствования технологий металлургического производства. Отдельные разделы сборника содержат разработки перспективных направлений в сфере высшего профессионального образования, экономики, управления и экологии на предприятиях

Редакционная коллегия выражает признание авторам статей за сотрудничество и заранее благодарна за отзывы по данному изданию.

**МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ  
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

УДК 548:549.641.22

А.А. Пермяков, Н.Ф. Якушевич, А.А. Назарова

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОВ ШЛАКОВ МАРГАНЦЕВЫХ ЛИГАТУР

Шлак марганцевых лигатур, полученных при алюминотермическом синтезе, содержит скелетный галаксит двух генераций, манганозит, алюмогематит, кнебелит и стекло с включениями корольков металла. Галаксит имеет переменный состав от алюмогалаксита до манганогалаксита с параметрами кристаллической ячейки от 8,043 до 8,12 Å и твердостью от 1575 до 1325 кгс/мм<sup>2</sup>.

Slag of manganous ligature, received at aluminothermics, contains skeletal galaxite, manganosite, alumohematite, knebelite and glass with inclusions of metallic beads. Galaxite has variable composition from alumogalaxite up to manganogaloxite with parameters of a crystal cell from 8,043 up to 8,12 Å and hardness from 1575 up to 1325 HV.

В лаборатории экологии и комплексного использования минеральных отходов СибГИУ детально исследованы минеральный состав и текстурно-структурные особенности шлаков алюминотермического синтеза марганцевых лигатур.

Исследованный шлак представлен идиоморфно-скелетным галакситом двух генераций, манганозитом, кнебелитом и криптокристаллически-стекловатой цементирующей массой с включениями корольков металла. Химический и минеральный состав исследованных шлаков представлены в таблице 1.

Галаксит в исследованных шлаках образует идиоморфно-скелетные кристаллы двух генераций. В проходящем свете он буровато-красный, оптически изотропен.

Галаксит первой генерации имеет показатель преломления  $n=1,850\dots 1,858$ , галаксит второй генерации –  $n=1,93-2,09$ . В отраженном свете галаксит I серовато-белый, однако, в иммерсии он темный, буровато-серый, иногда отчетливо-бурый. Цвет галаксита II на воздухе светлый серовато-белый, в иммерсии светло-бурый в центре кристалла, голубовато-белый и белый на периферии. Отражение у галаксита первой генерации 10-11, у галаксита второй – 12, до 14 на периферии.

Среднее значение твердости галаксита 1575 кгс/мм<sup>2</sup>. Выявлена ретикулярная анизотропия твердости. Коэффициент ретикулярной анизотропии твердости  $K_{Н(100)/(111)}=1,03$ . Среднее значение хрупкости галаксита  $169,53 \cdot 10^{-6}$  мм<sup>2</sup>/кгс. Коэффициент ретикулярной анизотропии хрупкости  $K_{F(100)/(111)}=1,26$ . Значение твердости манганогалаксита несколько ниже, чем у галаксита, и колеблется в интервале 1100-1400 кгс/мм<sup>2</sup>. Среднее значение твердости манганогалаксита составляет 1325 кгс/мм<sup>2</sup>.

Таблица 1 – Химический и минеральный состав марганцевых шлаков, масс. %

Компоненты	Шлак 1	Шлак 2	Шлак 3
SiO <sub>2</sub>	20,2	23,8	18,2
TiO <sub>2</sub>	0	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,3	41,5	32,2
MnO	41,0	18,7	34,9
FeO	2,2	1,9	3,3
CaO	1,3	3,5	1,3
MgO	1,1	5,1	3,0
BaO	5,0	3,6	5,2
K <sub>2</sub> O	1,6	1,5	1,6
Алюмогематит (Fe,Al) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		4,2	4,8
Галаксит MnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	38,7	45,4	43,2
Манганозит MnO	2,1	5,9	8,4
Марганец металлический Mn		1,1	2,3
Кнебелит (Mn,Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	25,6	7,3	18,1
Стекло	33,6	36,1	23,2

Монокристаллы галаксита в марганцевых шлаках представляют собой комбинацию октаэдра (иногда отрицательного) с менее развитыми гранями гексаэдра, притупляющими октаэдрические вершины (рисунок 1). Галаксит первой генерации образует массивные скелетные кристаллы, представленные комбинацией гексареберного пучка и ромбододекареберного каркаса (рисунок 2). По вершинам :100: и в центре скелетного кристалла располагаются октаэдрические субиндивиды. Размеры кристаллов галаксита первой генерации составляют 0,4...1,4 мм, второй генерации – 0,01...0,05 мм. Форма скелетных кристаллов в зависимости от степени переохлаждения расплава изменяется от очень тонких до массивных.

Форма кристаллов галаксита II зависит от содержания оксидов марганца. При сравнительно низком их количестве образуются преимущественно скелетные кристаллы. При большем содержании (плавка 3) кристаллы галаксита изометрично-полиэдрические, они более мелкие вследствие интенсивности их зарождения.

В отраженном свете галаксит имеет отчетливо зональную анатомию кристаллов. Центр кристаллов более темный, обычно сферической формы, постепенно просветляется к периферии и приобретает в сечении полигональную форму. В зависимости от ориентации форма сечений может быть гексагональная, тригональная, тетрагональная, ромбическая, очень редко массивно-скелетная в форме тетрагональной или дитригональной звезды

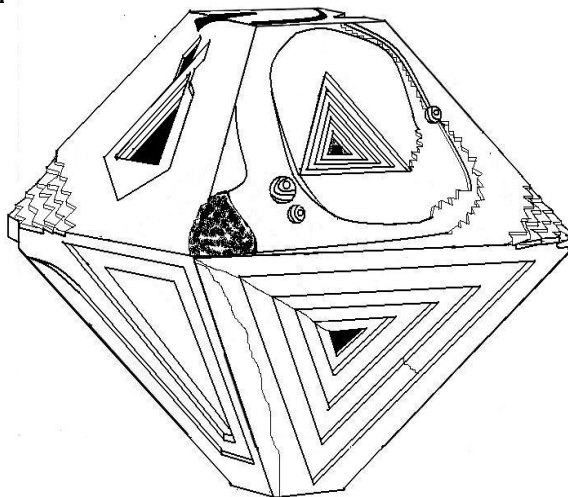


Рисунок 1 – Внешняя форма и скульптура граней галаксита

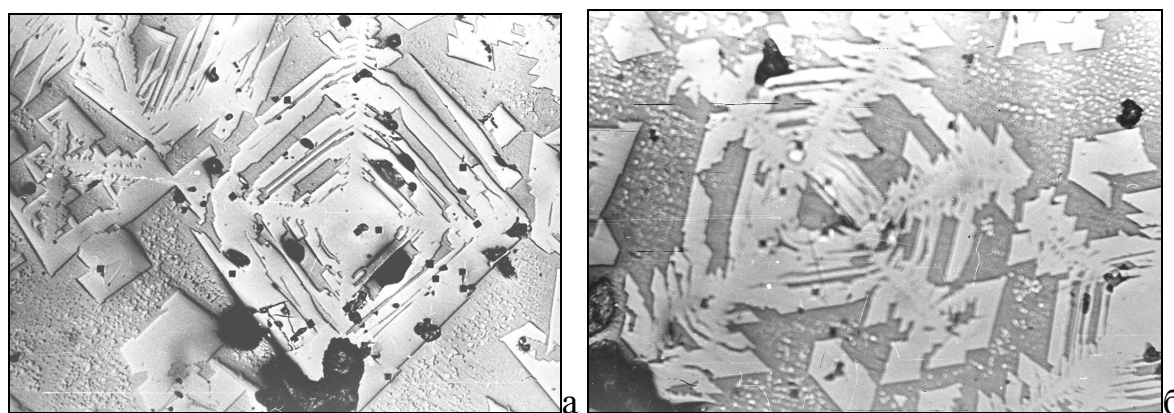


Рисунок 2 –Массивно-скелетные кристаллы галаксита:  
а – сечение (100),б – сечение (111)  
Отраженный свет, увел. 150

Галаксит второй генерации (рисунок 3), как правило, парагенетически ассоциирует с изометричными сферическими корольками металла, указывающими на явно восстановительные условия затвердевания остаточного расплава.

По оптическим данным и кристаллохимическим исследованиям галаксит второй генерации представляет собой изодиморфную смесь алюмогалаксита, галаксита и манганозита  $MnO$ . Алюмогалаксит, как правило,



располагается в ядре, затем следует галаксит, а по периферии – манганозит.

В изодиморфной смеси галаксита и манганозита растворяется некоторое количество изоморфной примеси кальция и магния. Наличие этих изоморфных примесей делает изодиморфную смесь галаксита и манганозита неустойчивой. В процессе окисления и гидратации происходит вспучивание и выкрошивание известь-манганозитовой составляющей.

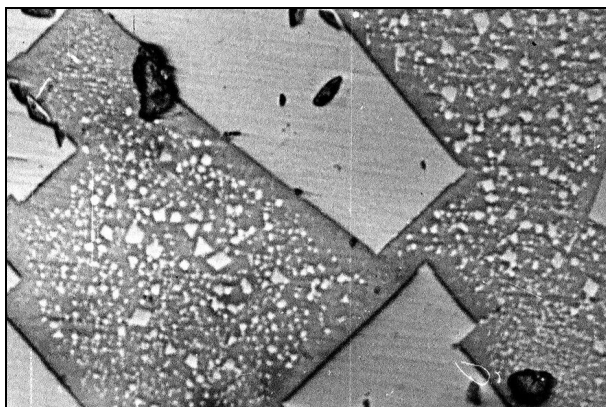


Рисунок 3 – Между ветвями скелетного кристалла галаксита первой генерации в силикатном стекле разбросаны мелкие массивно-скелетные кристаллы галаксита второй генерации. Отраженный свет, увел. 800

Металлические включения нередко наблюдаются также в галаксите первой генерации. Они, как правило, сосредоточены между субиндивидами скелетного кристалла и находятся в парагенетической ассоциации с манганозитом, который развивается по периферии мелких субиндивидов скелетного кристалла. Особенно четко они видны в иммерсии и достоверно диагностируются по белым внутренним рефлексам на периферии манганозитовых блоков.

Параметр элементарной ячейки галаксита ( $a_0=8,043\dots 8,12$ ) имеет заниженное значение по сравнению с литературными источниками ( $a=8,271$  Å для стехиометрического галаксита). Это обусловлено дефектностью кристаллической структуры галаксита вследствие присутствия в его структуре изодиморфной примеси  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Такой галаксит правильнее называть алюмогалакситом.

Алюмогалаксит имеет структуру нормальной шпинели, которую можно представить двумя подрешетками: АО типа алмаза с Федоровской группой  $Fd3m$  и  $\text{B}_2\text{O}_3$  типа биксбиита  $(\text{Mn,Fe,Al})_2\text{O}_3$  с пространственной группой  $Ia3$ . Обе подрешетки динамически изменяются в процессе изодиморфных замещений вследствие высокотемпературной диффузии анионных и катионных составляющих. При наличии заселенных тетраэдрических позиций тетрагональный или псевдокубический оксикорунд превращается в кубическую шпинелевую структуру с дефектами – вакансиями в

тетраэдрических позициях. Вакансии в тетраэдрических позициях нарушают алмазную подрешетку, понижая ее симметрию до тетрагональной. Исходя из представленных параметров, можно предположить состав алюмогалаксита:  $(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Fe}, \square)_{0,5}(\text{Al}, \text{Mn})_{2,33}\text{O}_4$ .

Алюмогематит был встречен в форме пластинчатых кристаллов или внешних зональных оболочек на зернах галаксита в отдельных микроучастках шлака плавки 3, преимущественно по периферии крупных пустот.

Кнебелит  $(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$  является единственным кристаллическим силикатом в исследованных шлаках.

Он кристаллизуется в ромбической системе с периодами решетки:  $a=4,86 \text{ \AA}$ ,  $b=10,62 \text{ \AA}$ ,  $c=6,22 \text{ \AA}$  в форме ромбических призм, вытянутых в направлении  $c$ . Грани кристаллов кнебелита обычно хорошо развиты. В шлаках кнебелит образует удлиненные по оси  $c$  скелетные кристаллы, представляющие собой трансляцию скелетных субиндивидов в форме отрицательной ромбической дипирамиды  $((111))$  в комбинации с пинакоидами  $(100)$  и  $(010)$ .

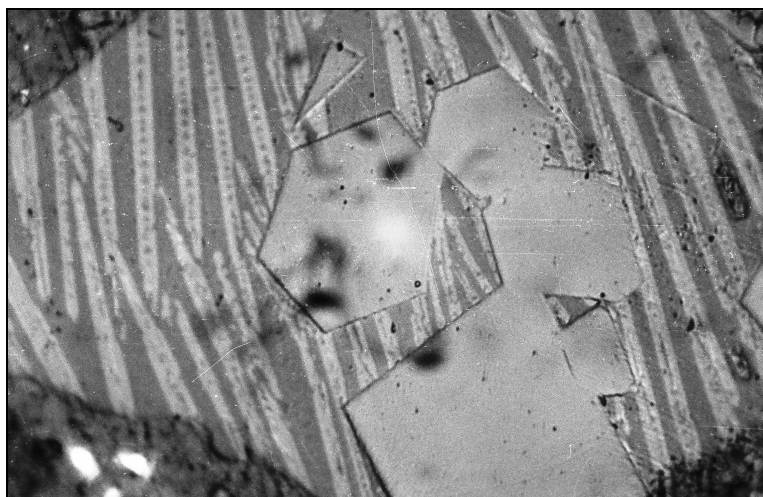


Рисунок 4 – Изометричный кристалл галаксита, ленточные скелетные кристаллы кнебелита в стекле. Отраженный свет, увел. 150

Кнебелит прозрачный, оптически анизотропный, двухосный, отрицательный, с углом  $2V=50^\circ$ . Показатели светопреломления кнебелита  $N_g=1,780 - 1,805$ ,  $N_p=1,760 - 1,780$ . Цвет минерала варьирует от бесцветного до серого или красновато-коричневого. Обладает плеохроизмом от красновато-коричневого (по  $N_p$ ) до зеленовато-синего (по  $N_g$ ). Плотность  $3,78 - 4,1$ , твердость  $4,2 \text{ НМ}$ ,  $950 \text{ кгс/мм}^2$ . Температура плавления  $1345 \text{ }^\circ\text{C}$ . Плавится с разложением при  $1340 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Преимущественно встречается в виде твердых растворов с  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ;  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  и другими силикатами или содержит изоморфную примесь Fe, то есть кнебелита  $(\text{Mn}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ . Его оптические свойства изме-

няются в широких пределах, особенно величина показателей преломления. В отраженном свете кнебелит серый с голубовато-зеленовато-белыми внутренними рефлексами, которые особенно отчетливо видны в скелетных кристаллах. Отражательная способность невысокая, но отчетливо ниже галаксита. В темном поле прозрачный. В поляризованном свете эффект анизотропии четкий. В проходящем свете легко распознается по величине показателей преломления, высокому двойному лучепреломлению и форме кристаллов. В отраженном свете на шлифах бывает трудно отличить от других силикатных фаз.

Силикатное стекло в шлаках однородное серое. Имеет самую низкую отражательную способность по сравнению со всеми минералами шлаков. Стекло, как правило, заполняет интерстиции между ветвями скелетных кристаллов и цементирует все минералы шлаков. Оно обладает очень хорошей смачивающей способностью, однако, пронизано многочисленными изометричными порами и сквозными пустотами различных размеров и форм.

Кристаллохимический состав и типоморфные особенности позволяют заключить, что шлак марганцевых лигатур можно использовать в шихте доменного и сталеплавильного производства.

УДК 548:549.641.22:669.295

А.А. Пермяков, Н.Ф. Якушевич, А.А. Назарова

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОВ ШЛАКОВ ТИТАНОВЫХ ЛИГАТУР

Главными минералами шлаков титановых лигатур являются титанозит  $\text{TiO}$ , сопровождаемый сплавом Fe, Ti, Mn, и шпинель, представленная изоморфной смесью ( $\text{Mg}_{1-x}\text{Al}_{2-2/3x}\text{O}_4$ ),  $\text{Fe}_2\text{TiO}_4$  и ( $\text{MnAl}_2\text{O}_4$ ). Минералы группы псевдобрукита менее распространены, встречаются локально и также имеют переменный состав, обусловленный изоморфной смесимостью аносовита  $\text{Ti}_2\text{TiO}_5$ , алюмопсевдобрукита  $\text{Al}_2\text{TiO}_5$  и, собственно, псевдобрукита  $\text{Fe}_2\text{TiO}_5$ . Редко, исключительно в форме включений, встречаются рутил  $\alpha\text{-TiO}_2$  и карбид титана (TiC). Цементирующую роль в шлаке выполняют ограниченные по содержанию силикаты, представленные титанитом  $\text{CaTiSiO}_5$ , кнебелитом  $(\text{Mn,Fe})_2\text{SiO}_4$  и стеклом. Благодаря высокой твердости и тугоплавкости, они могут использоваться в качестве абразивных и огнеупорных материалов.

The main minerals of titanite ligature slags are titanite  $\text{TiO}$ , accompanied by Fe, Ti, Mn alloy, and spinel, presented by an isomorphic mix ( $\text{Mg}_{1-x}\text{Al}_{2-2/3x}\text{O}_4$ ),  $\text{Fe}_2\text{TiO}_4$  and ( $\text{MnAl}_2\text{O}_4$ ). Minerals of pseudobrookite group are less widespread and met locally. They have the variable composition, presented by an isomorphic mix of anosovite  $\text{Ti}_2\text{TiO}_5$ , aluminopseudobrookite  $\text{Al}_2\text{TiO}_5$  and pseudobrookite  $\text{Fe}_2\text{TiO}_5$ . Rutile  $\alpha\text{-TiO}_2$  and titanite carbide (TiC) are met seldom, in the form of inclusions. Silicates, presented by sphene  $\text{CaTiSiO}_5$ , knebelite  $(\text{Mn,Fe})_2\text{SiO}_4$  and glass are carried out cementing role in slag. Owing to high hardness and refractoriness, they can be used as abrasive and fire-resistant materials.

В лаборатории экологии и комплексного использования минеральных отходов СибГИУ детально исследованы минеральный состав и текстурно-структурные особенности шлаков алюминотермического синтеза титановых лигатур. Они имеют крупно-пористую, вкраплено-пятнистую текстуру. За счет неравномерного распределения компонентов шихты и алюминия – главного теплоносителя – в разных участках реактора образовывались различные полиминеральные парагенезисы и структуры. Струк-

тура мелко- и тонкокристаллическая, скелетно-дендритная, участками эвтектически-пойкилитовая. Вариации химического (таблица 1) и минерального (таблица 2) состава (масс. %) шлаков различных плавок обусловлены разным минеральным составом исходной шихты. В участках с максимальным содержанием алюминия процесс плавления проходил при высоких температурах, вследствие этого образовались тугоплавкие минералы титанозит, корунд, шпинель. При меньшем содержании алюминия образовались минералы с меньшей степенью восстановленности.

Таблица 1 – Химический состав шлаков титановых лигатур

Состав шлаков	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	5,5	0,6	3,0
TiO <sub>2</sub>	40,3	48,9	41,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,1	37,2	33,3
MnO	15,1	1,9	7,9
FeO	6,0	6,8	8,6
CaO	0,8	0,8	0,5
MgO	2,9	3,3	5,4
K <sub>2</sub> O	0,4	0,1	0,3

Таблица 2– Минеральный состав шлаков титановых лигатур

Минерал	Содержание в пробах, масс. %		
	1	2	3
Металл (Fe,Mn,Ti)	1.00	4,02	6,18
Титанозит (TiO)	30.74	32,29	21,76
Шпинель (Mg <sub>1-x</sub> Al <sub>2-2/3x</sub> O <sub>4</sub> )	19.27	13,92	21,50
Галаксит (MnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	16.98	4,55	5,96
Ульвит (TiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	10.07	6,03	4,80
Псевдобрукит (Fe <sub>2</sub> TiO <sub>5</sub> )	ед. зерна	ед. зерна	4,80
Аносовит (Ti <sub>2</sub> TiO <sub>5</sub> )	3.07	ед. зерна	6,58
Тиалит (Al <sub>2</sub> TiO <sub>5</sub> )	ед. зерна	28,06	14,49
Рутил (TiO <sub>2</sub> )	ед. зерна	ед. зерна	ед. зерна
Карбид титана (TiC)	+	+	+
Титанит (CaTiSiO <sub>5</sub> )	3,42	3,64	2,15
Кнебелит ((Mn,Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> )	2,65	-	5,96
Силикатное стекло	-	0,09	0,57

Главными минералами исследованных шлаков являются титанозит TiO, сопровождаемый металлическим железом с примесью титана и марганца, и шпинель переменного состава, представленная изоморфной смесью высокоглиноземистой дефектной шпинели (Mg<sub>1-x</sub>Al<sub>2-2/3x</sub>O<sub>4</sub>), ульвита Fe<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub> и галаксита (MnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Минералы группы титаноглиноземистого

псевдобрукита менее распространены, встречаются локально и также имеют переменный состав, обусловленный изоморфной смесимостью аносовита  $Ti_2TiO_5$ , алюмопсевдобрукита  $Al_2TiO_5$  и псевдобрукита  $Fe_2TiO_5$ . Редко, исключительно в форме включений, встречается рутил  $\alpha-TiO_2$  и карбид титана (TiC). Цементирующую роль в шлаке выполняют ограниченные по содержанию силикаты, представленные титанитом  $CaTiSiO_5$ , кнебелитом  $(Mn,Fe)_2SiO_4$  и стеклом.

Титанозит TiO (так мы назвали низший оксид титана [1]) редко присутствует в чистом виде, так как изоморфно может неограниченно растворять Mg, Cr, V; с манганозитом MnO титанозит образует несовершенную изоморфную смесь. Кроме того, он содержит пойкилитовые включения металлического Fe, Mn, Ti, а также TiN и TiC.

Кристаллизуется титанозит в кубической системе Fm3m с периодом решетки стехиометрического TiO= $4,1766\pm 1,0001$  Å, уд. вес  $4,917$  г/см<sup>3</sup> [4]. В исследованных шлаках параметр  $a_0$  колеблется от 4,15 до 4,25 Å. Понижение параметра решетки обусловлено ее дефектностью за счет изоморфной примеси шпинелидов или катионов более высокой валентности. Кристаллохимическая формула титанозита из шлаков различных плавков имеет следующий вид: 1 –  $(Ti_{0,75}Fe_{0,11}Mg_{0,06}Mn_{0,08})O$ ; 2 –  $(Ti_{0,81}Fe_{0,12}Mg_{0,06}Mn_{0,01})O$ ; 3 –  $(Ti_{0,72}Fe_{0,15}Mg_{0,09}Mn_{0,03})O$ .

Титанозит образует кривогранные кубоктаэдрические кристаллы или скелетные кристаллы в форме ромбододекасекториальных пучков  $\langle [110] \rangle$ , выполненных транслируемыми по секториальным лучам кубоктаэдрическими глобулярно-скелетными субиндивидами (рисунок 1).

Титанозит в отраженном свете имеет золотисто-желтую окраску с желтовато-белыми внутренними рефlekсами по периферии зерен. Отражательная способность его колеблется от 14 до 16 % в зависимости от содержащихся в нем изоморфных примесей.

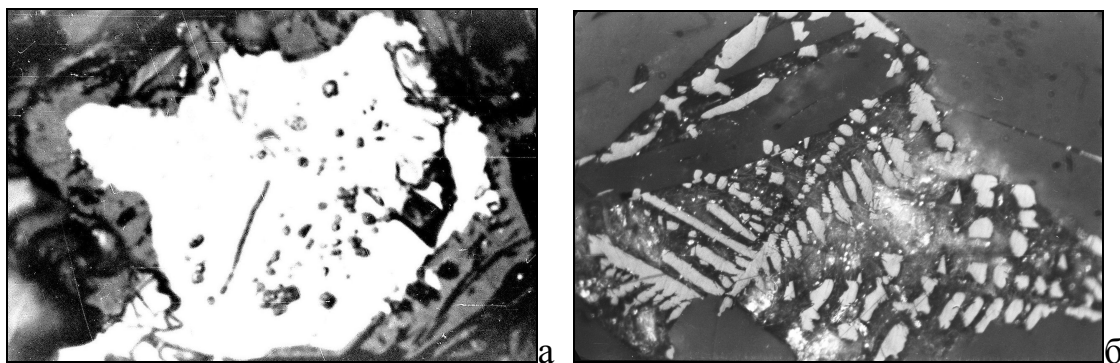


Рисунок 1 – а) Титанозит (белое) с включениями TiC (черное) обрастает шпинелью (серое); б) скелетный кристалл титанозита (белое).  
Отраженный свет, иммерсия, увел. 750

В алюминотермическом процессе титанозит образуется при восстановлении рутила и ильменита. Вместе с  $TiO$  образуются металлические  $Ti$ ,  $Fe$ ,  $Mn$  и прочие титансодержащие оксиды. При остывании расплава первыми кристаллизуются металлический титан, корунд и шпинелиды, затем - титанозит. В нем изредка наблюдаются мелкие изометричные включения карбидов и нитридов титана. Титанозит и карбид титана часто образуют беспорядочные скопления, которые под микроскопом выглядят как очаги загрязнения. Между кристаллами титанозита встречаются мелкие антискелетные кристаллы металла.

Титанозит иногда образует эпитаксиальное нарастание на поверхности кристаллов шпинели, образуя эвтектические пойкилито-мирмекитовые прорастания (рисунок 2). В зависимости от ориентации эти прорастания имеют вид симметричных скелетных кристаллов (рисунок 2,б), радиально-лучистых пучков, но чаще всего имеют вид ассиметричного роя беспорядочно прорастающих субиндивидов титанозита и шпинели (рисунок 3).

Распределение шпинели и титанозита в объеме шлака неравномерное, пятнистое.

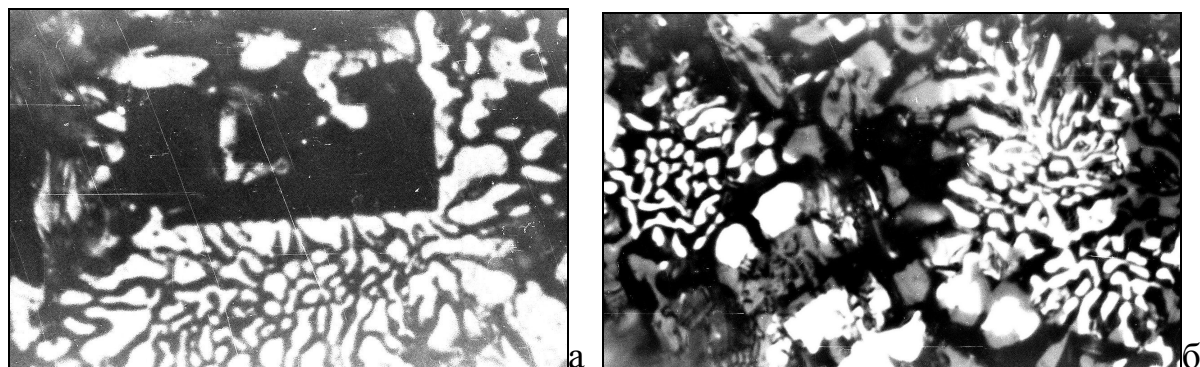


Рисунок 2 – а) Изометричные кристаллы шпинели обрастают эвтектоидным мермикитовым прорастанием титанозита и шпинели;  
б) ромбододекакристогонноэдрические скелетные кристаллы титанозита.  
Отраженный свет, иммерсия, увел. 1500

Шпинелиды образуют в шлаках титановых лигатур нейтрально серые крупные идиоморфно-октаэдрические или скелетные кристаллы в форме гексекториального пучка иногда в комбинации ромбододекакристогонноэдрическим каркасом.

Шпинелид первой генерации образует изометричные кривогранные или глобулярные кристаллы с эндотаксиальными включениями металла и титанозита. Эти кристаллы позднее цементируются титанозитом. Шпинелид второй генерации образует мелкие экслюзионные включения в кристаллах титанозита, которые по отражательной способности значительно выше, чем крупные идиоморфные кристаллы шпинелида первой генерации.

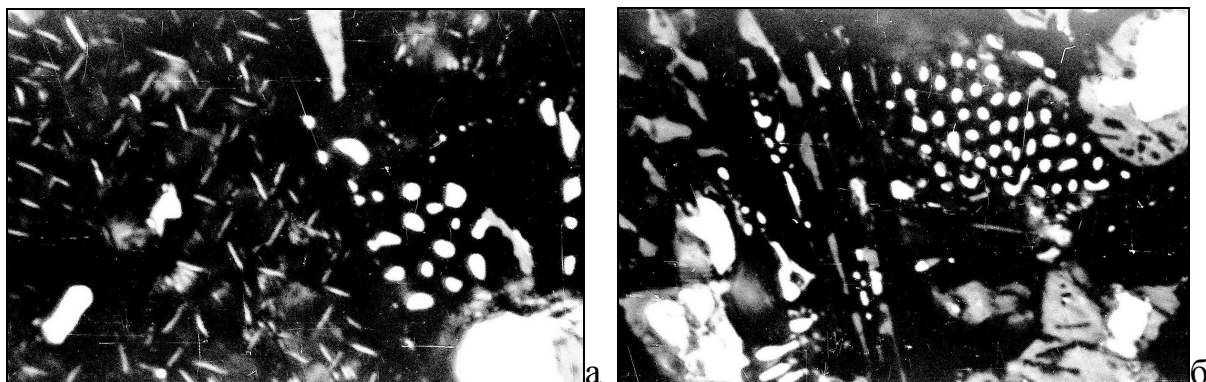


Рисунок 3 – а) Шпинель (черное) прорастает глобулярным титанозитом (белое) и игольчатым рутилом (серое); б) эвтектоидно-пойкилитовая структура прорастания шпинели (черное) титанозитом (белое). Шпинель содержит эксклюзионные включения игольчатого рутила. Отраженный свет, иммерсия, увел. 1500

Очевидно, шпинелид представляет сложную изоморфную смесь шпинели, герцинита и ульвита, локально усложненную изодиморфной примесью  $\gamma$ -глинозема или закисного титана со структурой шпинели. Химическую формулу данного шпинелида можно представить  $(\text{Mn,Fe})_{1-x}(\text{Ti,Al})_{2+2/3x}\text{O}$ . Однако, оптические исследования наличие герцинита не подтвердили, так как он гомогенно растворяется в структуре шпинели. Присутствие ульвёшпинели  $\text{Fe}_2\text{TiO}_4$  установили микроскопически по ее эндотаксиальным пластинчатым включениям.

Кривогранные изометричные кристаллы шпинели в срастании с титанозитом и металлом свидетельствуют о переменном составе шпинели. В ней, очевидно, растворяются закиси присутствующих металлов – титана, железа и марганца. Все кристаллы шпинели имеют эксклюзионные включения титанозита, алюмопсевдобрукита и карбида титана (рисунок 3). Часто в кристаллах шпинели можно наблюдать сетку игольчатых более светлых кристаллов рутила.

Встречается эксклюзионная структура прорастания шпинели удлиненными включениями рутила и ульвита и глобулярными включениями титанозита. Раствор шпинели и ульвита образует иногда решетчатую структуру распада (рисунок 4). По площади выделения шпинели и ульвита видно, что содержание их почти одинаково.

Ульвёшпинель в шлаках титановых лигатур макроскопически жёлтого цвета, в отраженном свете отчетливо розовато-желтоватая. Она образует преимущественно мелкозернистые или ксеноморфные агрегаты. Зерна ульвита изометричные, остросереберные полигональные в сечении, образуют скопления в виде цепочек, которые, очевидно, образовались при перекристаллизации и распаде скелетных кристаллов. С другими шпинелидами



ульвит в виде удлиненных включений образует эксклюзионную структуру прорастания.

В исследованных образцах шлаков в шпинели часто наблюдались пойкилитовые включения галаксита, титанозита и сфероидальных выделений металла. Встречаются участки, в которых ульвёшпинель образует идиоморфные включения в металле или располагается в интерстициях корунда.

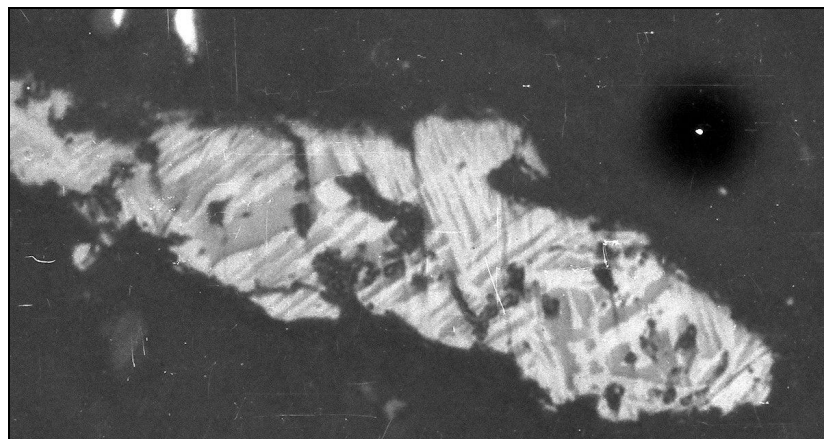


Рисунок 4 – Решетчатая структура эксклюзионного распада раствора шпинели и ульвита. Отраженный свет, увел. 700

Рутил в шлаках титановых лигатур представлен преимущественно игольчатыми включениями в минералах шлаков – в титанозите, аносовите, ульвите, корунде и др. Игольчатые включения рутила, иногда достаточно крупные, располагаются по объему хаотически или имеют закономерную ориентировку. Удлинения их параллельны (001). В кристаллах шпинели часто наблюдается сетка эксклюзионных игольчатых более светлых кристаллов рутила (рисунок 2). Особенно много рутила в скоплениях ульвита.

Аносовит  $TiTi_2O_5$  в шлаках титановых лигатур образует скелетные кристаллы, зачастую кружевные, подобные по форме кристаллам кальцио-оливина в железорудном агломерате. Удлиненные скелетные кристаллы представляют собой ромбические дипирамидальные секториальные пучки в комбинации с ромбическим призматическим каркасом. Также встречаются таблитчатые пинакоидально-уплощенные кристаллы аносовита.

В отраженном свете аносовит варьирует от красно-бурого до розовато-темно-серого цвета. Кристаллы аносовита в отраженном свете имеют цвет розовато-сиреневых тонов до сероватых и голубоватых оттенков. В тонких пластинках слегка просвечивают, выявляется темно-синий цвет.

Аносовит образует изоморфную смесь с алюмопсевдобрукитом. Это видно в сечениях кристаллов по чередованию более темных алюмопсевдобрукитовых блоков с более светлыми аносовитовыми блоками. Иногда он образует в корунде идиоморфные эндотаксиальные включения. Может также образовывать иглообразные включения. Часто встречаются участки,

где аносовит цементирует тонкие скелетные кристаллы корунда. Кроме того, аносовит образует мермикитовыми срастаниями с ульвитом.

Псевдобрукит  $\text{Fe}_2\text{TiO}_5$  образует удлиненные пластинчатые кристаллы в срастании со шпинелью, коротко игольчатые включения в алюмопсевдобруките, реже – в титанозите. Образует эвтектическом срастании со шпинелью и алюмопсевдобрукитом. Псевдобрукит образует коротко игольчатые включения серого цвета в алюмопсевдобруките, реже – в титанозите.

Алюмопсевдобрукит в шлаках титановых лигатур представляет изоморфную смесь тиалита  $\text{Al}_2\text{TiO}_5$ , аносовита и псевдобрукита. Он выглядит в отраженном свете интенсивно буровато-красным с низкой отражательной способностью. Кристаллы алюмопсевдобрукита удлиненные, пластинчатые плеохраичные, в одном сечении буровато-красные, в другом – светлее, розовато-серые. Алюмопсевдобрукит иногда эксклюзионно распадается на мелкие игольчатые эндотаксиальные включения корунда в алюмопсевдобрукитовой матрице. С титанозитом образует глобулярно-скелетную эвтектическую структуру прорастания. В алюмопсевдобруките при этом иногда содержатся эвтектоидные включения силикатов, очевидно, титанита ( $\text{CaTiSiO}_5$ ). В алюмопсевдобруките иногда образуются глобулярные прорастания титанозита, а также в нем располагаются включения скелетного и игольчатого корунда. Встречаются металлизированные участки, для которых характерно обрастание скоплений металла алюмопсевдобрукитом. Кроме того, в других участках кадра зерна титанозита также эпитаксиально обрастают алюмопсевдобрукитом.

Перовскит  $\text{CaO}\cdot\text{TiO}_2$  наиболее часто встречается в составе титаносодержащих сталеплавильных шлаков и неметаллических включений.

Кристаллизуется в виде правильных гексаэдров, иногда удлиненных в одном направлении, псевдопризматических. Часто образует крестообразные сростки и скелетные кристаллы. Образует весьма характерные зональные полисентические двойники, располагающиеся параллельно граням кристаллов.

Плотность перовскита 4,01, твердость 5,5 НМ, 890 НV, температура плавления 1970 °С. Спайность несовершенная по {001}.

Перовскит прозрачный, оптически анизотропный. Двухосный, положительный. Угол  $2V=90^\circ$ . Показатель светопреломления  $N=2.38$ . Двойное лучепреломление низкое, что отвечает интерференционным окраскам в пределах первого порядка.

Титанит  $\text{CaTiSiO}_5$ , серый минерал, образует идиоморфные ромбовидные, иногда удлиненные по оси *c*, зеркально симметричные  $L_2$  кристаллы, которые цементируются ксеноморфными выделениями желтого минерала – галаксита. Типично образует ксеноморфные выделения среди темных идиоморфных скелетных кристаллов корунда. Образует эвтектические срастания с галакситом. Эвтектические срастания с титанозитом имеют

мелкоячеистую структуру. Изредка располагается в интерстициях между ветвями скелетных кристаллов шпинели. Может эпитаксиально нарастать на шпинель, образуя эвтектоидные агрегаты, или в виде эвтектоидных включений содержаться в алюмопсевдобруките.

Корунд в отраженном свете темно-серый, зачастую содержит включения других минералов – титанозита, аносовита, реже рутила и мелких изометричных включений металла. Кристаллы корунда в отдельных участках шлаков имеют тригональные сечения по оси 3-го порядка и значительные утолщения вдоль этой оси. Практически они изометричны, что свидетельствует об их кристаллизации в субравновесных условиях.

Иногда в массивных кристаллах корунда наблюдаются идиоморфные эндотаксиальные включения аносовита, который образует между субиндивидами скелетного корунда интерстиционные ксеноморфные включения. Игольчатый корунд по своей форме напоминает рутил, только обладает очень низкой отражательной способностью. Очевидно, игольчатые и шестоватые кристаллы корунда являются продольными сечениями тонкопластинчатых кристаллов.

В отдельных участках удлиненные сечения кристалла корунда беспорядочно ориентированы, что свидетельствует о высокой скорости затвердевания расплава. Корунд часто образует включения скелетных и игольчатых кристаллов в алюмопсевдобруките.

К концу процесса кристаллизации тонкие скелетные кристаллы корунда зачастую переходят в массивные скелеты за счет срастания субиндивидов. Промежутки между субиндивидами обычно заполнены титанозитом. Иногда субиндивиды скелетного кристалла корунда имеют дефектную ромбоэдрическую форму, причем внешняя часть субиндивида идиоморфна, внутренняя часть является дефектной.

Изредка изометричные идиоморфные кристаллы корунда цементируются ульвёшпинелью с крупными игольчатыми включениями рутила. Иногда в кристаллах корунда наблюдаются эмульсионные изометричные и удлиненные эндотаксиальные голубовато-зеленые включения шпинели.

В срастаниях с алюмопсевдобрукитом и титанозитом корунд образует темные до черных просвечивающиеся скелетные кристаллы. В отдельных участках корунд идиоморфный по сравнению со светлым титанозитом и буро-серым алюмопсевдобрукитом. В отраженном свете и иммерсии он выглядит нейтрально-серым, иногда голубовато-серым с красноватыми и зеленоватыми внутренними рефлексами. Корунд также образует пойкилитовые включения пластинчатой формы в кристаллах алюмопсевдобрукита.

Результаты проведенных исследований шлаков титановых лигатур показали, что основные минералы в их составе (титанозит, шпинелид и др.) обладают высокой твердостью и являются тугоплавкими. Благодаря этим свойствам шлаки титановых лигатур можно использовать в промышленности в качестве абразивных, а также огнеупорных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Типоморфные особенности титанозита в составе шлаков титано-марганцевых лигатур / А.А. Пермяков, Н.Ф. Якушевич, А.А. Назарова, Н.И. Кувшинникова // Вестник горно-металлургической секции РАЕН (ЗСО). Вып. 16. – Новокузнецк, 2006. – С. 92-100.
2. Назарова А.А. О пирофаните из титано-марганцевых лигатур / А.А. Назарова, Н.И. Кувшинникова // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Вып. 9, Часть 2. Технические науки. – Новокузнецк, 2005. – С. 12-16.

УДК 622.788:621.926

А.А. Одинцов, В.А. Долинский\*

ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат»,  
г. Новокузнецк,

\*ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДРОБИЛЬНО- СОРТИРОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА К АГЛОМЕРАЦИИ

В статье приведены результаты промышленного исследования производительности вибрационного грохота и четырёхвалковых дробилок для подготовки топлива к агломерации на ОАО «ЗСМК».

The results of industrial research of productivity of vibratory screen and four-roll crushers to prepare the fuel for agglomeration on the open joint-stock company «ZSMK» are carried out in the article.

Гранулометрический состав твёрдого топлива оказывает существенное влияние на показатели работы агломашины и качество агломерата [1], поэтому совершенствование технологии подготовки твёрдого топлива является приоритетным направлением технического развития аглофабрик.

Технология подготовки твёрдого топлива к агломерации в условиях ОАО «ЗСМК» включает в себя следующие операции:

- складирование и усреднение компонентов топливной смеси на складе топлива;
- грохочение топливной смеси на вибрационном грохоте ГИТ-51М с выделением надрешётного (более 13 (15) мм) и подрешётного (менее 13 (15) мм) продуктов;
- дробление надрешётного продукта на конусной дробилке КМД-1750;
- измельчение объединённого продукта (дроблёного с конусной дробилки и подрешётного с грохота) на четырёхвалковых дробилках Д4Г-980×700;
- подача подготовленного твёрдого топлива в корпус шихтовых бункеров и агломерации.

Оперативным методом улучшения режимов грохочения и дробления твёрдого топлива является подбор оптимального диапазона нагрузок для получения топлива требуемого гранулометрического состава.

Целью данной работы является определение производительности вибрационного грохота и четырёхвалковых дробилок, обеспечивающей

высокие показатели процесса грохочения и стабильную работу дробилок при подготовке твёрдого топлива к агломерации на ОАО «ЗСМК».

На первом этапе исследования оценивали влияние нагрузки на эффективность грохочения вибрационного грохота методом отбора и последующего анализа гранулометрического состава исходного, надрешётного и подрешётного продуктов.

Выход подрешётного продукта ( $\gamma$ ), извлечение нижнего класса (менее 13 мм) в подрешётный продукт ( $\varepsilon$ ), относительную «замельчённость» надрешётного продукта ( $B_{зам.}$ ) и эффективность грохочения по классу менее 13 мм ( $\Xi$ ) подсчитывали по формулам [2, 3]:

$$\gamma = 100 \cdot \frac{\alpha - \nu}{\beta - \nu},$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – содержание нижнего класса в исходном и подрешётном продуктах соответственно, %;  $\nu$  – содержание нижнего класса в надрешётном продукте, %.

$$\varepsilon = \frac{\beta \cdot \gamma}{\alpha}; \quad B_{зам.} = \frac{\nu}{\alpha}; \quad \Xi = \frac{10^4 \cdot (\beta - \alpha) \cdot (\alpha - \nu)}{\alpha \cdot (100 - \alpha) \cdot (\beta - \nu)}.$$

Во время проведения исследований исходная нагрузка на грохот изменялась от 96 до 142 т/ч, а содержание фракции более 13 мм в исходном продукте – от 8,43 до 14,28 % (таблица 1 и рисунки 1 и 2). Влажность исходного топлива колебалась в пределах 6,1-8,8 %. Размер ячейки проволочного сита – 13×13 мм. Снижение нагрузки на грохот с 142 до 125 т/ч при уменьшении фракции более 13 мм в исходном продукте с 14,28 до 8,43 % привело к повышению извлечения фракции 0-13 мм в подрешётный продукт на 12,34 % отн. (с 83,94 до 95,76 % абс.). Это, в свою очередь, увеличило выход подрешётного продукта на 18,69 % отн. (с 71,95 до 88,49 % абс.) с одновременным повышением эффективности грохочения на 2,60 % отн. (с 83,97 до 86,21 %). Снижение относительной «замельчённости» надрешётного продукта с 0,57 до 0,37 д. ед. также характеризует улучшение процесса грохочения вследствие увеличения содержания фракции более 13 мм с 50,91 до 66,25 % в одноимённом продукте. Дальнейшее снижение нагрузки по питанию до 96 т/ч сопровождается незначительным повышением извлечения и уменьшением выхода подрешётного продукта; эффективность грохочения остаётся практически на одном уровне (86,98 %).

Таким образом, оптимальный диапазон нагрузки по питанию на инерционный грохот составляет 96 – 125 т/ч. Увеличение или уменьшение нагрузки относительно указанного диапазона является нецелесообразным мероприятием, так как в первом случае не обеспечивается наполняемость бункеров над четырёхвалковыми дробилками (при производстве агломерата 21309 т/сут.), во втором – ухудшаются показатели грохочения вследствие увеличения высоты слоя на участке просеивающей поверхности.

Таблица 1 – Влияние нагрузки на гранулометрический состав продуктов и показатели процесса грохочения

Наименование материала	Нагрузка по питанию, т/ч	Класс крупности материала (мм), %								
		0-0,5	0,5-1,0	1,0-1,6	1,6-2,5	2,5-3	3-5	5-8	8-13	13-25
1*	96	16,30	12,49	8,76	7,83	8,73	13,51	12,81	9,38	8,31
2		0,65	0,15	0,10	0,11	0,14	0,28	1,94	21,88	57,07
3		21,80	12,78	8,72	7,04	9,97	15,86	15,52	7,20	1,11
1	125	20,40	13,05	8,75	6,40	9,81	13,72	11,72	7,72	6,90
2		6,20	0,88	0,18	0,18	0,29	1,06	4,26	20,70	48,14
3		25,80	13,82	9,13	7,19	10,39	15,13	12,44	5,19	0,91
1	142	19,10	11,52	7,57	6,32	7,32	11,51	12,01	10,37	11,40
2		10,90	2,78	1,57	1,18	2,00	4,23	7,20	19,23	36,95
3		30,20	12,84	7,03	4,86	8,44	13,67	14,80	8,16	-

Окончание таблицы 1

Наименование материала	Класс крупности материала (мм), %						ε, %	γ, %	B <sub>зам.</sub> , д. ед.	Э, %
	25-40	<0,5	0,5-3	>3	>5	>13				
1	1,88	16,30	37,81	45,89	30,50	10,19	96,53	87,67	0,28	86,98
2	17,68	0,80	0,35	98,85	80,89	74,75				
3	-	21,80	38,51	39,69	23,83	1,11				
1	1,53	20,40	38,01	41,59	26,34	8,43	95,76	88,49	0,37	86,21
2	18,11	6,20	1,53	92,27	73,10	66,25				
3	-	25,80	40,53	33,67	18,54	0,91				
1	2,88	19,10	32,73	48,17	33,78	14,28	83,94	71,95	0,57	83,97
2	13,96	10,90	7,53	81,57	63,38	50,91				
3	-	30,20	33,17	36,63	22,96	-				

Примечание: \*1, 2 и 3 – исходный, надрешётный и подрешётный продукты соответственно.

На втором этапе исследования оценивали качество дробления топлива на четырёхвалковой дробилке при повышении нагрузки по исходному материалу с 15,4 до 39,7 т/ч (таблица 2 и рисунок 3). Величину зазора между нижними валками поддерживали на уровне 2 мм, а верхние валки были разведены во избежание забивки дробилки при повышенных нагрузках. В производственной практике увеличение нагрузки исходного топлива на дробилку и зазора верхних валков (в некоторых случаях до 40 мм) вызвано, соответственно, отсутствием резервных дробилок и несвоевременной заменой верхней пары валков.

В источнике [4] отмечается, что оптимальная нагрузка по исходному топливу для четырёхвалковой дробилки колеблется в пределах 12-16 т/ч. Согласно техническому паспорту Д4Г-980×700 производительность дробилки составляет 20 т/ч. Однако в производственных условиях (при неудовлетворительном контроле технологического персонала, изношенности оборудования) нагрузка на дробилку может увеличиваться до 40 т/ч.

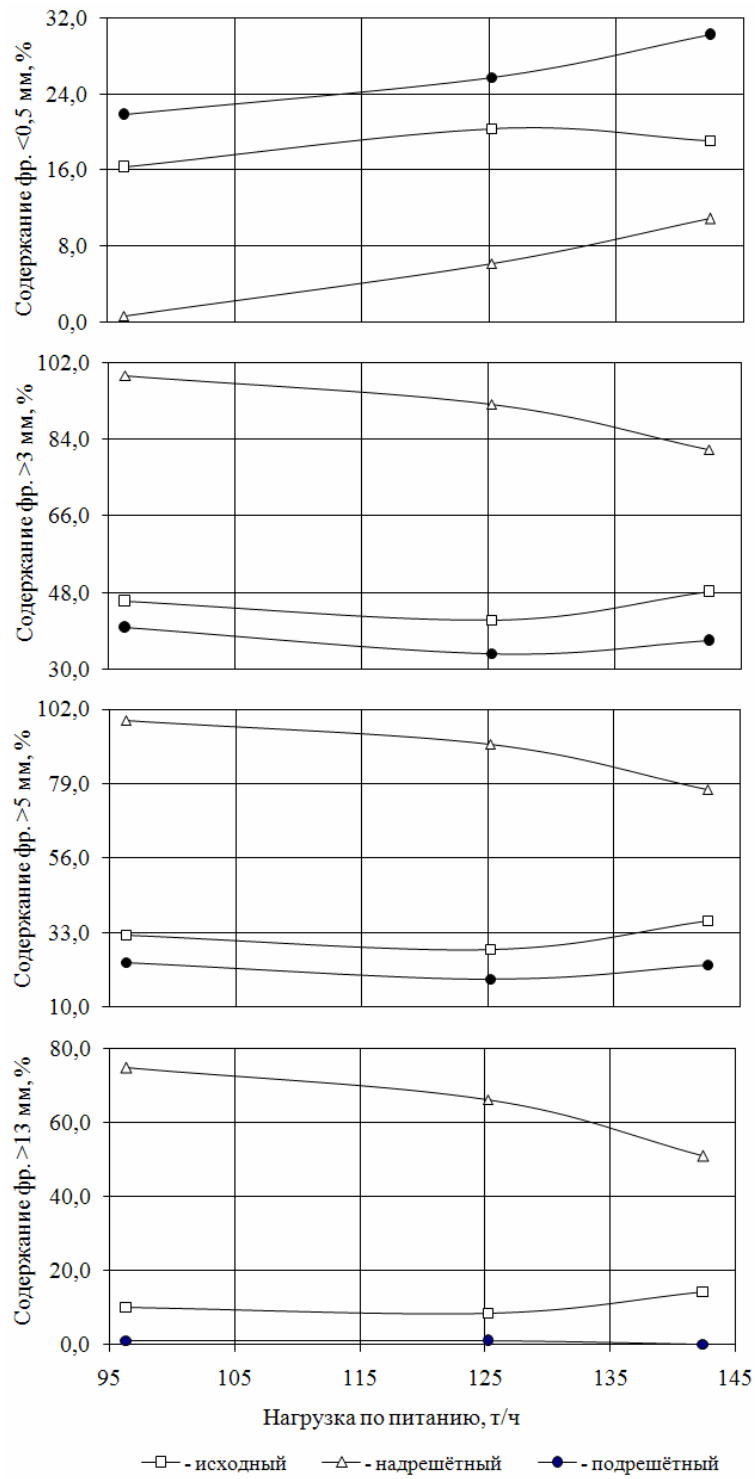


Рисунок 1 – Изменение гранулометрических составов продуктов грохочения в зависимости от нагрузки по питанию





Рисунок 2 – Изменение показателей процесса грохочения в зависимости от нагрузки по питанию

Степень переизмельчения топлива в рассматриваемом диапазоне нагрузок (15,4 – 39,7 т/ч) уменьшалась от 18,43 до 8,61 % (таблица 2), что вызвано возрастающим несоответствием исходной нагрузки установленному зазору (2 мм) между нижними валками. Из таблицы 2 и рисунка 3 видно, что при увеличении нагрузки по исходному топливу с 15,4 до 39,7 т/ч содержание фракции 0,5 – 3 мм в дроблёном топливе незначительно изменяется в пределах 39,50-43,90 %. При работе дробилки на высокой нагрузке (25,4 – 39,7 т/ч) крупные частицы коксика раздавливаются, но не истираются, вследствие чего содержание фракции 0,5 – 3 мм с увеличением нагрузки до 39,7 т/ч в дроблёном топливе ниже (39,50 %), чем выход одноимённой фракции в исходном (41,10 %). Характер кривой распределения фракции более 5 мм с увеличением нагрузки от 15,4 до 25,4 т/ч носит монотонный характер возрастания (с 1,02 до 1,28 % абс. или на 20,31 % отн.), а с повышением нагрузки до 39,7 т/ч – экстремальный (с 1,28 до 12,00 % абс. или в 9,4 раза).

Выход фракции более 3 мм в дроблёном топливе находится в прямой зависимости как от нагрузки, так и от содержания одноимённой фракции в исходном топливе. При повышенном содержании фракции более 3 мм в исходном топливе (45,60 %) увеличение нагрузки до 25,4 т/ч приводит к возрастанию содержания данной фракции в дроблёном топливе до 17,40 %, что выше допустимого предела крупности. При пониженном содержании фракции более 3 мм в исходном топливе (28,20 %) и увеличении нагрузки до 35,5 т/ч регламентируемый выход по классу более 3 мм в дроблёном топливе выдерживается (14,90 %, что ниже допустимого содержания класса более 3 мм в дроблёном топливе в условиях ОАО «ЗСМК»).

Таблица 2 – Гранулометрические характеристики исходного и дроблёного топлива при постоянном зазоре нижних валков 2 мм

Наименование материала	Класс крупности материала (мм), %										
	0-0,05	0,05-0,063	0,063-0,074	0,074-0,1	0,1-0,16	0,16-0,2	0,2-0,315	0,315-0,4	0,4-0,63	0,63-1,0	1,0-1,6
И 15,4*	3,79	2,07	1,62	2,50	4,55	3,69	6,83	5,74	6,73	7,05	5,31
Д 15,4	4,88	3,96	2,35	3,62	6,31	5,05	8,67	7,27	9,15	10,24	9,32
И 25,4	2,40	1,50	0,90	1,90	3,40	2,60	5,10	4,41	6,40	7,30	6,20
Д 25,4	3,68	2,29	1,38	2,91	5,21	3,99	7,81	6,73	9,81	11,20	9,50
И 35,5	2,57	1,94	0,65	2,33	4,25	3,36	6,85	5,93	9,69	10,96	9,04
Д 35,5	3,54	2,56	1,28	2,89	5,45	3,84	8,99	7,55	10,93	11,56	9,62
И 39,7	2,30	1,22	1,35	2,16	3,94	3,11	7,19	5,70	10,18	10,86	9,21
Д 39,7	2,89	1,86	1,59	2,46	4,61	3,59	7,90	7,04	10,93	11,65	8,47

Продолжение таблицы 2

Наименование материала	Класс крупности материала (мм), %										Степень переизмельчения, %
	1,6-2,5	2,5-3	3-5	5-8	8-13	13-25	<0,5	0,5-3	>3	>5	
И 15,4*	3,79	4,96	8,75	9,81	13,81	9,00	34,90	23,73	41,37	32,62	18,43
Д 15,4	7,71	10,00	10,45	1,02	-	-	46,90	41,63	11,47	1,02	
И 25,4	8,10	4,19	10,61	13,90	13,95	7,14	26,00	28,40	45,60	34,99	17,16
Д 25,4	12,42	5,67	16,12	1,28	-	-	38,70	43,90	17,40	1,28	
И 35,5	11,50	2,73	7,77	12,58	6,77	1,08	32,00	39,80	28,20	20,43	13,67
Д 35,5	13,16	3,73	9,70	5,20	-	-	41,30	43,80	14,90	5,20	
И 39,7	12,35	3,03	7,48	13,27	5,81	0,84	31,50	41,10	27,40	19,92	8,61
Д 39,7	10,79	3,12	11,10	12,00	-	-	37,40	39,50	23,10	12,00	

Примечание: \*И, Д – исходное и дроблёное топливо соответственно; 15,4...39,7 – нагрузка (15,4...39,7 т/ч) по исходному топливу.

Таким образом, при незначительном количестве фракции более 3 мм в исходном материале подготовленное топливо требуемого гранулометрического состава возможно получить при нагрузке по исходному топливу до 35,5 т/ч. Однако при продолжительном периоде работы дробилки на данном режиме увеличивается износ нижних валков и повышается риск выхода дробилки из строя. Практика работы дробилки на оптимальных параметрах (зазоры верхних и нижних валков – 7 – 9 и 1,5 – 2,5 мм соответственно) показывает, что нагрузка при этом не должна превышать 20 т/ч. В противном случае повышается вероятность выхода дробилки из строя.

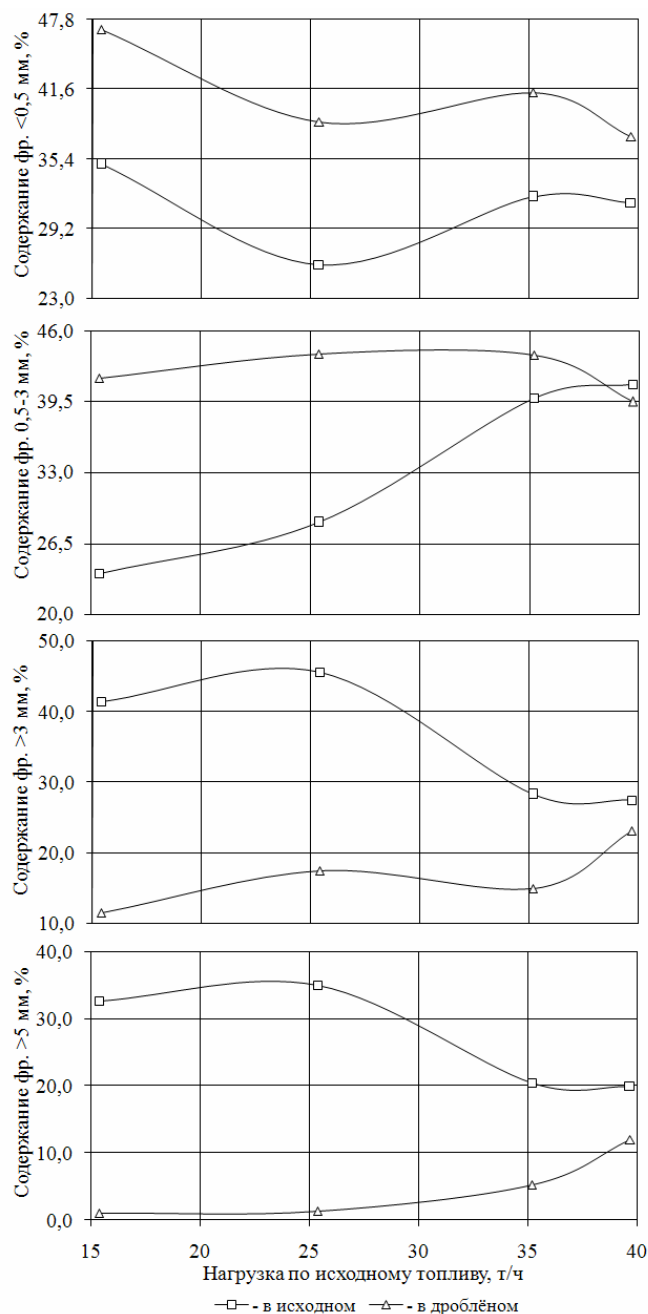


Рисунок 3 – Влияние нагрузки по исходному топливу на выход фракций в дроблёном топливе

## ВЫВОДЫ

1. Проведёнными исследованиями режимов работы грохота ГИТ-51М установлено, что при нагрузке по исходному топливу 96-125 т/ч обеспечивается необходимый объём подготовленного топлива и относительно высокие показатели процесса грохочения (эффективность грохочения по классу менее 13 мм составляет 86,98-86,21 % соответственно).

2. Увеличение нагрузки на четырёхвалковую дробилку по исходному топливу до 25,4 т/ч и выше является нецелесообразным мероприятием (при работе дробилки на оптимальных зазорах между валками) вследствие

ухудшения гранулометрического состава дроблёного топлива (увеличение выхода фракции более 3 мм) и повышения вероятности выхода дробилки из строя.

3. Оптимизация производительности оборудования для подготовки твёрдого топлива к агломерации позволит улучшить гранулометрический состав подготовленного топлива (снизить содержание нежелательных фракций менее 0,5 и более 3 мм) без капитальных затрат. В конечном счёте, оптимизация гранулометрического состава подготовленного твёрдого топлива приведёт к снижению его удельного расхода при производстве агломерата, увеличению удельной производительности агломашины и повышению качественных характеристик агломерата.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карабасов Ю.С. Использование топлива в агломерации / Ю.С. Карабасов, В.С. Валавин. – М.: Металлургия, 1976. – 264 с.
2. Просеивающие поверхности грохотов. Конструкции, материалы, опыт применения / Под ред. Л.А. Вайсберга. – СПб.: Всегеи, 2005. – 252 с.
3. Вайсберг В.М. Эксплуатация дробильных и измельчительных установок / В.М. Вайсберг. – М.: Недра, 1989. – 196 с.
4. Сальников И.М. Влияние режима дробления агломерационного топлива на его фракционный состав / И.М. Сальников, М.Ю. Пазюк, Ю.Д. Гузь // Чёрная металлургия. – 1990. – № 3. – С. 47.

УДК 669.162.26:662.749

В.А. Долинский\*, Л.Д. Никитин, В.П. Горбачев, Л.В. Портнов,  
К.И. Домнин\*

ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат»,  
г. Новокузнецк,

\*ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк

## ВЛИЯНИЕ МЕЛКИХ ФРАКЦИЙ КОКСА НА ПОКАЗАТЕЛИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Технико-экономические показатели работы печи, оборудованной роторным загрузочным устройством (РЗУ), свидетельствуют о возможности сохранения форсированного хода печи при использовании в шихте до 25,0 % кокса фракции 25-36 мм.

Technical and economic parameters of job of the furnace equipped with rotary the loading device, testify to an opportunity of preservation of the forced course of the furnace at use in burden up to 25,0 % of coke of fraction of 25-36 mm.

Доменный цех ОАО «ЗСМК» испытывает постоянный дефицит в металлургическом коксе. Для частичного решения данной проблемы были проведены промышленные плавки с использованием в шихте кокса мелких фракций (25 – 36 мм), постепенно увеличивая его долю от 0 до 30 % от общей массы загруженного кокса. Опытные плавки проводили на доменных печах, оборудованных типовым загрузочным устройством (двухкопусный аппарат, доменная печь № 1) без дополнительных регуляторов распределения шихты, и устройством с распределителем шихты роторного типа (РЗУ, доменная печь № 2).

Контроль изменения показателей плавки производили обработкой массивов данных в периоды до и после применения мелкого кокса. Переход на использование в шихте мелкого кокса был осуществлен в период удовлетворительной работы доменных печей. Для сохранения интенсивности плавки предприняли ряд мер по стабилизации работы горна и ровности хода печей. Предотвращение замусоренности горна обеспечивали загрузкой в печь промывочных средств (окалины, сварочного и конвертерного шлака) и выполнением заданного графика отработки продуктов плавки. Помимо этого, теоретическая температура горения в фурменных очагах поддерживалась выше на 20 – 30 °С обычного уровня (2100 – 2150 °С), что достигалось необходимым изменением соотношения параметров комбинир-

рованного дутья «природный газ-кислород». В шихте доменной плавки использовался агломерат (80 – 85 %) двух фракций (15 – 30 мм и более 30 мм), окатыши (15 – 10 %), металлодобавки (окалина, сварочный шлак) и железная руда (2 – 5 %) крупностью более 25 мм. Сумма железорудной составляющей в подачах шихты колебалась от 50 до 54 т, коксовой – 13,5 – 15,0 т, рудная нагрузка менялась в пределах от 3,50 до 3,82 т/т кокса в зависимости от степени форсирования доменной плавки.

Проведенными промышленными плавками установлено, что основные технико-экономические показатели плавки при использовании кокса мелких фракций (25 – 36 мм) на доменной печи № 1 несколько ухудшились. В зависимости от доли мелкого кокса (5 – 30 %) уменьшение фактической производительности доменной печи достигало от 0,9 до 6,5 % при снижении показателей интенсивности плавки по проплавленной руде, суммарному углероду и дутью. Неравномерность распределения газового потока по сечению доменной печи усиливалась, о чем свидетельствовало увеличение разброса значений температур периферийных газов более чем на 120 – 130 °С. Диаграммы газораспределения (рисунок 1) в исследуемые периоды характеризовались увеличением содержания диоксида углерода в центральной зоне печи на 4,0 – 4,5 % (абс.), а степень использования восстановительной и тепловой энергии газового потока ухудшалась. Так, степень использования химической энергии оксида углерода (II) в исследуемые периоды уменьшалась на величину от 0,12 до 0,90 %, водорода – от 1,0 до 3,4 % (абс.) при увеличении температуры колошникового газа, характеризующей степень использования тепловой энергии газового потока, на величину от 5 до 20 °С. При этом фактический удельный расход кокса увеличивался от 3,6 (0,81 %) до 9,1 кг/т чугуна (2,0 %), приведенный к условиям базового периода (по содержанию железа в шихте, расходу природного газа, температуре горячего дутья и т.п.) на величину до 1,4 %. Текущие простои доменной печи возрастали на 0,1 – 0,11 % к номинальному времени работы, а доля сгоревших воздушных фурм увеличивалась на 2 – 4,2 %. Стабильность качества выплавляемого чугуна по содержанию кремния 0,5 – 0,8 % и серы до 0,03 % ухудшалась на 3 – 5 % (абс.).

При разработке технологии плавки с использованием кокса мелких фракций на доменной печи, оборудованной РЗУ, сохранение ровного хода печи достигалось выполнением тех же мероприятий (загрузкой промывочных средств, строгим выполнением графика выпусков и т.п.).

Особое внимание уделялось распределению мелкого кокса на поверхности колошника, осуществляемого по циклу с последующей укладкой порций по 9 кольцевым зонам колошника. При этом преимущественно применялись системы загрузки, обеспечивающие в достаточной мере подгрузку периферийной и разрыхление осевой зоны печи. Управление газодинамическим и тепловым режимами осуществляли изменением скорости

и направления вращения роторного распределителя при укладке порций шихты на радиусы кольцевых зон колошника.

Шихта плавки в период исследований характеризовалась достаточно высокой степенью использования (94,0 – 96,0 %) подготовленных железорудных материалов (агломерат, окатыши) и стабильным (55,5 – 56,0 %) содержанием железа в шихте, содержание мелкой (0 – 5 мм) фракции в шихте не превышало 12,0 %.

В базовом периоде (I) в основном применяли кокс фракции 36 – 60 мм, опытных периодах (II,III) – преимущественно фракцию 25 – 36 мм в количестве не более 30,0 % от массы загружаемого кокса. Показатели механической прочности кокса находились на достаточно высоком уровне (по  $M_{40}$  – 71,1 – 72,5 %,  $M_{10}$  – 7,8 – 7,6 %), содержание мелкой (0 – 25 мм) фракции в коксе не превышало 0,6 %.

Технология доменной плавки в исследуемые периоды характеризовалась выплавкой передельного чугуна в условиях непостоянного качества кокса, использованием на печи высокотемпературного комбинированного дутья и достаточно высокой степенью использования восстановительной и тепловой энергии газового потока. Основные технико-экономические показатели работы доменной печи в исследуемые периоды приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технико-экономические показатели работы печи в исследуемые периоды

Показатели	Ед. изм.	Периоды			
		I	II	III	IV
Доля мелкого кокса	%	0,0	10,3	24,8	29,8
Расход кокса: фактический	кг/т	441,2	442,1	442,4	444,5
приведенный	- " -	-	441,1	440,9	442,1
Производительность: фактическая	т/сут.	4165	4162	4164	4142
приведенная	- " -	-	4162	4166	4162
Интенсивность: по руде	т/(м <sup>3</sup> · сут.)	3,444	3,426	3,418	3,408
суммарному углероду	- " -	0,891	0,892	0,896	0,899
Рудная нагрузка	т/т кокса	3,85	3,87	3,75	3,69
Содержание железа в шихте	%	55,93	55,87	55,94	56,08
Расходы: природного газа	м <sup>3</sup> /т чугуна	85,6	84,8	86,2	84,6
кислорода	- " -	99,7	92,6	95,5	92,7
дутья	нм <sup>3</sup> /мин	3326	3298	3285	3301
Содержание кислорода в дутье	%	26,8	26,48	26,31	26,12
Перепад давлений газа в печи	МПа	0,141	0,142	0,140	0,138
Температура: горячего дутья	°С	1156	1158	1150	1154
колошникового газа	- " -	140	142	140	147
Степень использования СО	%	44,62	44,52	44,94	44,43
Показатель газопроницаемости	ед.	0,316	0,313	0,314	0,306
Вынос колошниковой пыли	кг/т чугуна	6,7	6,86	6,20	7,52
Содержание кремния в чугуне	%	0,53	0,53	0,55	0,53
Текущие простои	- " -	0,86	0,91	0,83	1,11

В сравнении с базовым (I) периодом, при повышении доли в шихте мелкого кокса с 10,3 % (II период) до 29,6 % (IV период), фактическое среднесуточное производство чугуна уменьшалось соответственно на величину до 63 т (1,5 %) при снижении интенсивности по проплавленной руде на 0,036 т/(м<sup>3</sup> · сут.). Приведенная к условиям базового периода (по содержанию железа в шихте, степени обогащения дутья кислородом, температуре дутья, составу чугуна и т.п.) производительность доменной печи в опытных периодах снижалась на меньшую величину – 6 т/сут. (0,14 %). Фактический удельный расход кокса на производство чугуна увеличивался на величину до 5,3 кг (1,2 %), а приведенный к условиям базового периода возрастал в IV периоде на 1,4 кг (0,3 %) и уменьшался во II и III периодах до 0,1 и 0,3 кг/т чугуна соответственно. Газодинамический режим процесса характеризовался неравномерным распределением газового потока по сечению доменной печи вследствие неоднородности загружаемой в печь шихты, как по гранулометрическому, так и химическому составу.

Анализ работы печи при содержании в шихте до 30,0 % мелкого кокса свидетельствовал о возможности сохранения интенсивности плавки и его технико-экономических показателей путем рационализации распределения шихты и газа изменением и подбором соответствующих режимов загрузки шихты. Так, например, при циклическом режиме загрузки - РК 8-4; РР 8-5; КК 7-3; РР 7-4; КК 6-3 (0-0) от уровня засыпи 1,8 м ежедневно проплавливали по 7,4 – 7,8 тыс. т железорудных материалов с рудной нагрузкой 3,9 – 4,1 т/т кокса.

При этом содержание диоксида углерода в периферийной зоне сохранялось на уровне 16,0 – 18,0 %, осевой 8,0 – 10,0 %, а максимальное содержание (22,7 – 24,2 %) приходилось на 1/3 радиуса колошника. Прирост производства чугуна составлял 0,3 – 0,7 %, а экономия кокса – 0,1 – 0,4 %. Изменение режима загрузки шихты на РК 7-3; РР 8-4; КК 6-3 (0-0); РК 8-3; КР 7-5 сократило объем проплавливаемой железорудной части шихты до 6,8 – 7,3 тыс. т/сут. и изменило распределение газового потока по сечению доменной печи. Содержание диоксида углерода в периферийной зоне сохранилось на уровне 16,0 – 18,5 %, а в осевой увеличилось до 12,5 – 14,8 % (рисунок 2) при некотором снижении максимального содержания диоксида углерода до 21,3 – 22,4 % (1/3 радиуса колошника).

Производство чугуна уменьшалось на 0,04 – 0,60 %, а удельный расход кокса увеличивался на 0,2 – 0,7 %. В целом за рассматриваемые периоды, несмотря на принимаемые меры, степень использования химической и тепловой энергии газового потока несколько уменьшилась. Так, температура колошникового газа, характеризующая степень использования тепловой энергии газового потока, увеличивалась на величину от 2 до 7 °С. Степень использования оксида углерода (II) уменьшалась соответственно на 0,10 (II период) и 0,19 % (III период).



Следует отметить, что в течение рассматриваемых периодов отмечались случаи неровной работы доменной печи, особенно в периоды циклических остановок коксовых батарей. В такие моменты содержание фракции 25 – 36 мм достигало 35 – 40 % от массы загружаемого кокса. При этом наблюдалось резкое ухудшение дренажной способности коксовой насадки и режима отработки продуктов плавки (при норме – 95,0 % выполнение графика выпусков продуктов плавки составляло лишь 87 – 89,5 %). Показатели, характеризующие работу горна доменной печи (таблица 2) в исследуемые периоды, ухудшались.

Таблица 2 – Показатели, характеризующие работу горна доменной печи

Показатели	Ед. изм.	Периоды			
		I	II	III	IV
График выпусков	%	93,6	90,7	89,3	91,2
Число выпусков	раз/сут.	15	14	14	14
Неполных выпусков	раз/сут.	0,18	0,20	0,21	0,20
в т.ч. из-за выбросов кокса	- " -	0,048	0,102	0,110	0,056
то же	%	26,7	51	52,38	28,1
Снижений давления дутья	раз/сут.	0,33	0,34	0,34	0,32
в т.ч. на выпусках	- " -	0,12	0,15	0,16	0,09
то же	%	36,40	44,10	47,06	28,1
Сменено воздушных фурм	шт./сут.	0,31	0,33	0,33	0,42
в т.ч. сгоревших	- " -	0,13	0,17	0,18	0,21
то же	%	41,9	51,5	54,54	50,0
Стойкость воздушных фурм	сут.	89,4	86,8	86,3	79,6

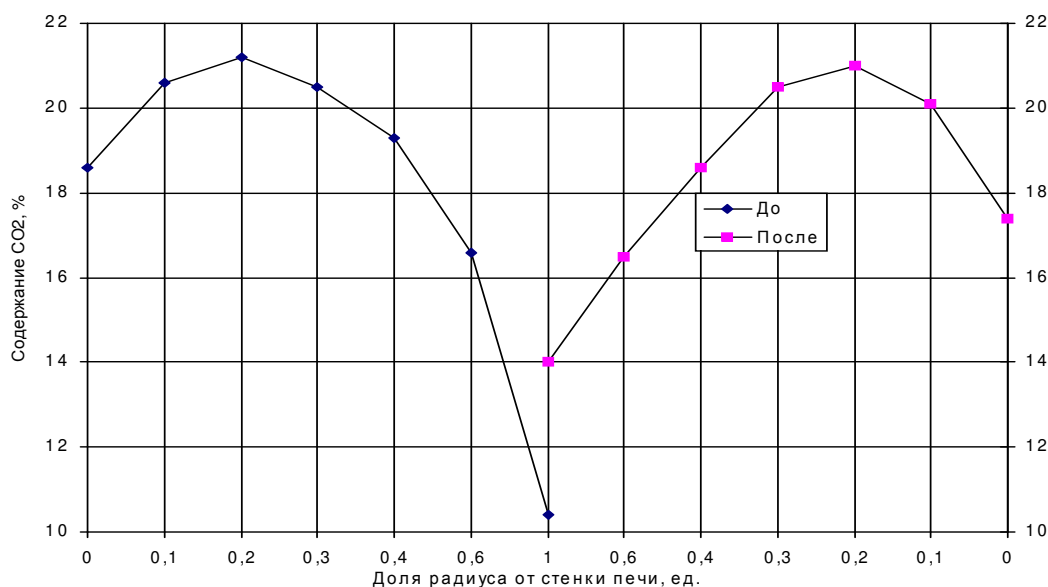


Рисунок 1 – Диаграмма газораспределения в исследуемые периоды на доменной печи, оборудованной типовым загрузочным устройством

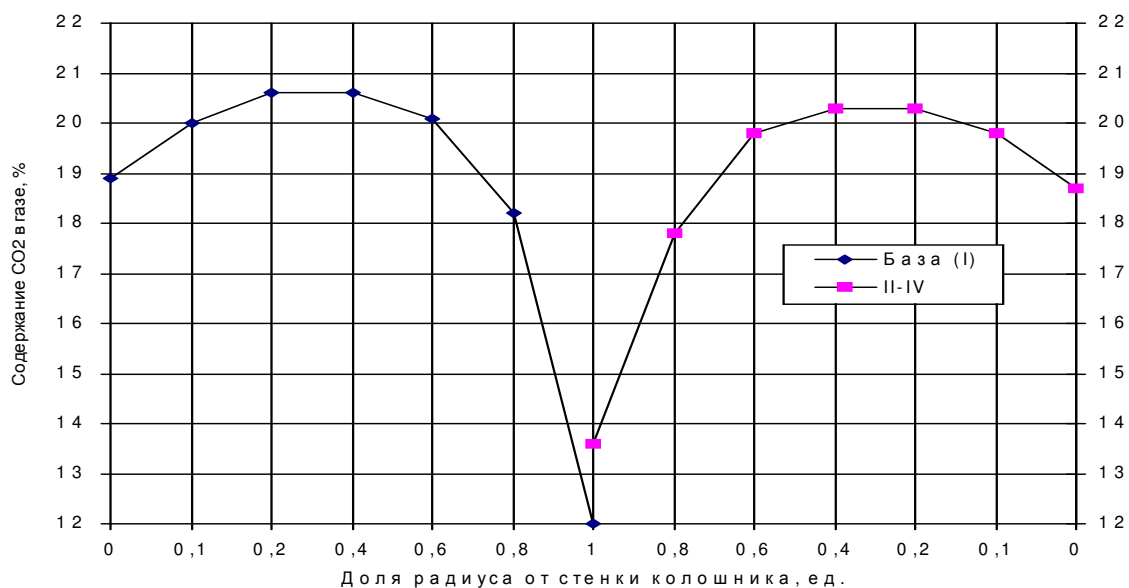


Рисунок 2 – Диаграмма газораспределения в исследуемые периоды на доменной печи оборудованной РЗУ

Из таблицы 2 следует, что число случаев неполной выдачи продуктов плавки из-за выбросов кокса увеличивалось с 26,7 до 51,0 и 55,71 %, а снижение давления горячего дутья на выпусках до 47,06 %.

При незначительном снижении стойкости воздушных фурм с 89,4 до 79,6 сут. доля сменяемых сгоревших воздушных фурм возросла с 41,9 до 54,54 %.

#### Выводы

1. Использование в шихте доменной печи, оборудованной типовым двухконусным загрузочным устройством, кокса мелкой (25 – 36 мм) фракции в количестве до 22 %, в зависимости от условий плавки, способствовало снижению выплавки чугуна на 1,0 – 6,6 % и увеличению удельного расхода кокса на 0,8 – 1,0 % при ухудшении дренажной способности горна.

2. Техничко-экономические показатели работы печи, оборудованной РЗУ, свидетельствуют о возможности сохранения форсированного хода печи при использовании в шихте до 25,0 % кокса фракции 25 – 36 мм.

3. Увеличение доли мелкого кокса в шихте более 25 – 30 % вызывает снижение интенсивности плавки и ухудшение работы горна. Так, снижение производительности доменной печи достигало 0,6 %, а увеличение удельного расхода кокса 0,7 %.

УДК 669.187.012.7:519.22

Р.С. Айзатулов, А.А. Уманский, Н.А. Чернышева

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ШИХТЫ НА ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА ОАО «НКМК»

В электросталеплавильном цехе ОАО «НКМК» проведен статистический анализ влияния состава металлической шихты на расход электроэнергии, кислорода, ферросплавов, длительность плавки. Полученные регрессионные зависимости позволяют прогнозировать оптимальное соотношение лома и чугуна в металлошихте на планируемый период с учетом текущих цен на сырье, материалы, энергоносители и цен на готовую продукцию.

In the arc-furnace shop of «NKMK» it was made the statistical analysis of charge composition influence on the expenditure of electric power, oxygen, ferroalloys and on the length of melt. With the help of results of analysis the optimum charge composition can be predicted for the planned period of time.

В состав электросталеплавильного цеха (ЭСЦ) ОАО «НКМК» входят: две дуговые сталеплавильные печи емкостью 100 т каждая (ДСП-1, ДСП-2), две установки ковш-печь, две машины непрерывного литья заготовок радиального типа и ковшевой вакууматор. ЭСЦ производит заготовку сечением 300×330 мм, поставляемую для дальнейшего переката в рельсобалочный цех. По итогам 2007г. структура марочного сортамента следующая, %: рельсовые стали – 65, рядовые стали – 30, легированные и низколегированные стали – 5.

В качестве металлической шихты для производства стали используется жидкий чугун, поставляемый из доменного цеха в чугуновозных ковшах и предварительно подготовленный металлический лом.

При этом соотношение чугуна и лома в плавке определяется следующими параметрами:

1. Марка стали. Для рельсовых сталей расход чугуна лимитирован в пределах не менее 30 т/плавка с целью снижения количества элементов, оказывающих резко отрицательное влияние на механические свойства (Cu, Ni, Cr) и содержащихся преимущественно в ломе.

2. Конструкция печи, в которой производится выплавка стали. Конструкционным отличием ДСП-2 от ДСП-1 является наличие системы интенсификации плавки за счет продувки кислородом. По этой причине на ДСП-2 существует возможность использования жидкого чугуна в количестве до 60 – 65 т/плавка, а на ДСП-1 расход чугуна ограничен в пределах не более 35 т/плавка.

3. Масса чугуна в чугуновозном ковше (в среднем 65 т) и логистика поставки чугуновозных ковшей в ЭСПЦ.

Несмотря на вышеизложенные ограничения, фактически существует возможность управления расходом чугуна в довольно широких пределах, что подтверждается опытом работы ЭСПЦ (рисунок 1).

Соотношение «лом-чугун» в плавке оказывает значительное влияние на основные технико-экономические показатели работы ЭСПЦ – себестоимость стали и производительность цеха. Влияние на себестоимость стали связано с изменением расходов электроэнергии, электродов, ферросплавов, кислорода на плавку, а также разницей в цене на чугун и металлолом. Также следует учитывать различную величину потерь в виде угара для различных видов металлошихты (угар чугуна на 5 % выше, чем угар металлолома). Производительность цеха напрямую зависит от средней длительности плавки, которая в свою очередь определяется продолжительностью различных периодов плавки. Продолжительность периода расплавления лома возрастает при увеличении доли лома в шихте, а продолжительность окислительного периода наоборот уменьшается. Увеличение количества лома также приводит к увеличению количества подвалок, что также оказывает влияние на общую длительность плавки.

Таким образом, видно, что вышеперечисленные зависимости зачастую могут являться нелинейными и для правильной количественной оценки степени влияния состава металлошихты на основные технико-экономические показатели необходимо проведение статистического анализа на большом массиве плавок.

Такой подход и был реализован. На основании статистического анализа массива из 1000 плавок рельсовых сталей, выплавленных на ДСП-1 и ДСП-2, получили регрессионные зависимости влияния расхода чугуна на следующие параметры: длительность плавки, удельные расходы электроэнергии и кислорода, содержание Mn в стали на выпуске из печи. При этом для каждого параметра получили отдельные зависимости для ДСП-1 и ДСП-2. На рисунках 2-5 представлены зависимости, полученные при выплавке рельсовой стали на ДСП-2.

При увеличении расхода чугуна удельный расход электроэнергии снижается (рисунок 2). Это связано с уменьшением продолжительности периода расплавления лома.

Увеличение доли чугуна в металлической шихте приводит к увеличению удельного расхода кислорода (рисунок 3), так как увеличивается

содержание углерода в расплаве и на его окисление требуется больший расход кислорода.

Повышение расхода чугуна приводит к снижению содержания Mn в стали на выпуске из печи (рисунок 4). Это происходит по двум основным причинам:

1) Среднее содержание Mn в чугуне ниже, чем в металлическом ломе.

2) При увеличении расхода чугуна увеличивается продолжительность окислительного периода, в результате чего часть Mn окисляется и в виде оксидов переходит в шлак.

Влияние расхода чугуна на длительность плавки имеет ярко выраженный нелинейный характер (рисунок 5). Объясняется это следующим образом. При увеличении расхода чугуна снижается длительность периода расплавления лома, но при этом одновременно увеличивается окислительный период. При этом степень и характер влияния расхода чугуна на продолжительность названных периодов различны. По этой причине общая длительность плавки, характеризующая суммарную величину данных периодов, изменяется по параболическому закону.

Следует отметить, что характер зависимостей для рельсовых сталей, выплавленных на ДСП-1, аналогичен представленным выше зависимостям для сталей, выплавленных на ДСП-2 (рисунки 2-5). Отличие заключается только в количественной степени влияния расхода чугуна на параметры.

Изменение общей производительности ЭСПЦ при сочетании различных вариантов расхода чугуна на ДСП-1 и ДСП-2 представлено на рисунке 6. Видно, что максимальная производительность ЭСПЦ достигается при расходе чугуна на ДСП-2 равном 45 т/плавка и расходе чугуна на ДСП-1 – 35 т/плавка.

Влияние состава металлической шихты на себестоимость стали имеет более сложный характер, так как связано с постоянным изменением цен, как на составляющие шихты (чугун, лом), так и на электроэнергию, кислород, ферросплавы и т.д. При существовавшем долгое время балансе стоимости чугуна и лома (себестоимость чугуна выше цены закупаемого лома на 10 – 15 %) с точки зрения снижения себестоимости целесообразно было работать на минимальном с учетом технологических ограничений расходе чугуна. Однако в связи с возникшим в последнее время дефицитом металлического лома ситуация кардинально изменилась – цена металлического лома практически сравнялась с себестоимостью производства чугуна, а в отдельные сезонные периоды даже превышала себестоимость чугуна. В этом случае на первый план выходят показатели, напрямую зависящие от состава металлошихты – удельные расходы электроэнергии, кислорода, ферросплавов.

Комплексным показателем, в полной мере отражающим экономическую целесообразность применения того или иного состава металлошихты

на планируемый период, является прогнозируемое изменение суммарной прибыли, складывающееся из изменения выручки от реализации готовой продукции (с учетом расходного коэффициента при переработке непрерывнолитых заготовок в готовый прокат) и изменения затрат на производство стали (себестоимости стали). В этом случае расчет должен производиться с использованием данных о прогнозируемых значениях цен и рентабельности готовой продукции и цен на составляющие металлошихты, энергоресурсы, материалы и т.д.

Для реализации такого подхода использовали программу EXCEL, которая позволяет при вводе исходных данных о прогнозируемых объемах производства и ценах на планируемый период (рисунок 7) просчитывать варианты работы при различном расходе чугуна с определенным шагом (в данном случае 5 т/плавка). Результаты расчетов выводятся в виде таблиц и графика изменения суммарной прибыли (рисунок 8), который в наглядном виде показывает оптимальное соотношение «лом-чугун» для планируемого периода.

Результаты расчетов по представленной схеме использовались в ЭСПЦ ОАО «НКМК» в течение 2007г. для ежемесячного планирования оптимального расхода чугуна и показали достаточную степень достоверности и эффективности их применения.

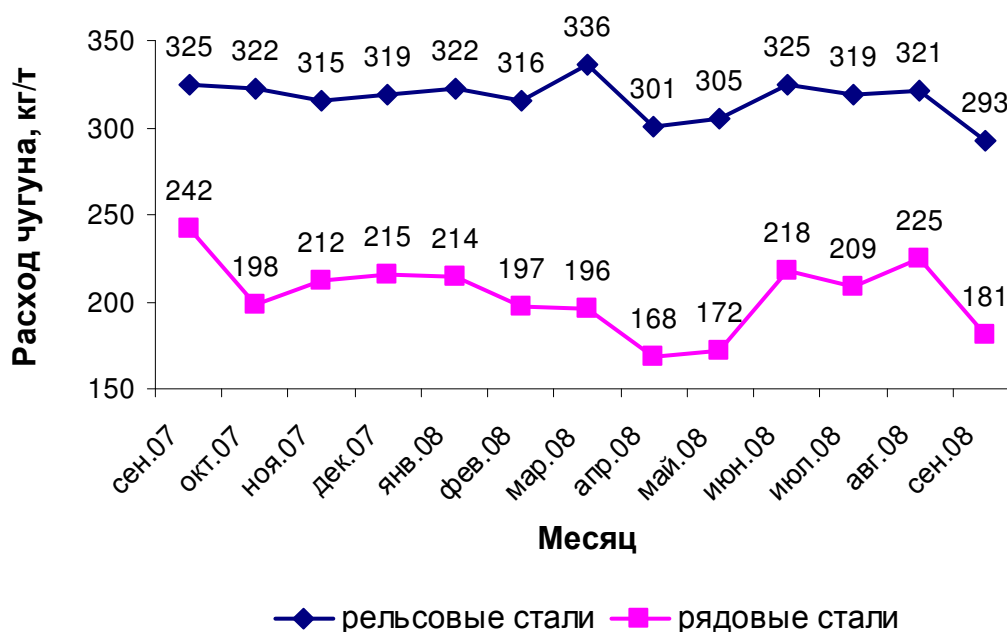


Рисунок 1 – Динамика расхода чугуна в ЭСПЦ ОАО «НКМК»

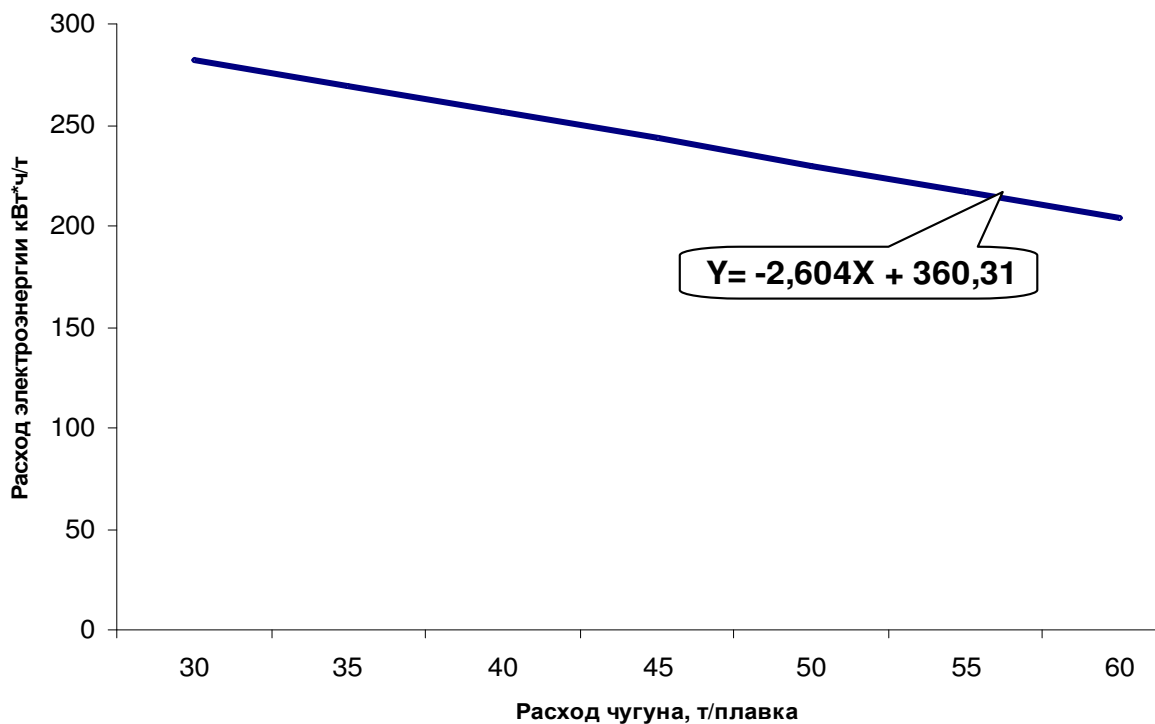


Рисунок 2 – Влияние расхода чугуна на изменение расхода электроэнергии

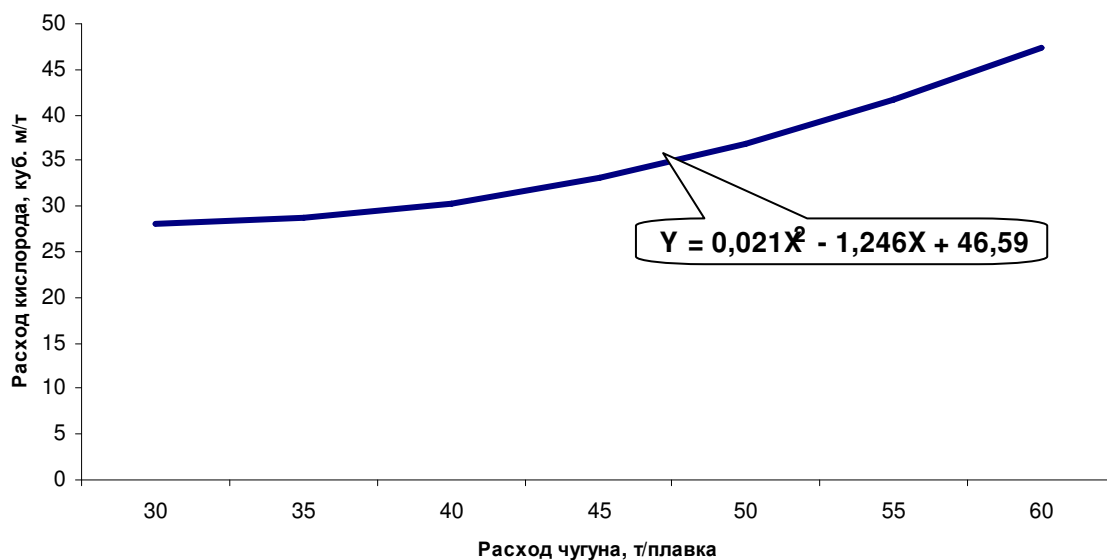


Рисунок 3– Влияние расхода чугуна на изменение расхода кислорода

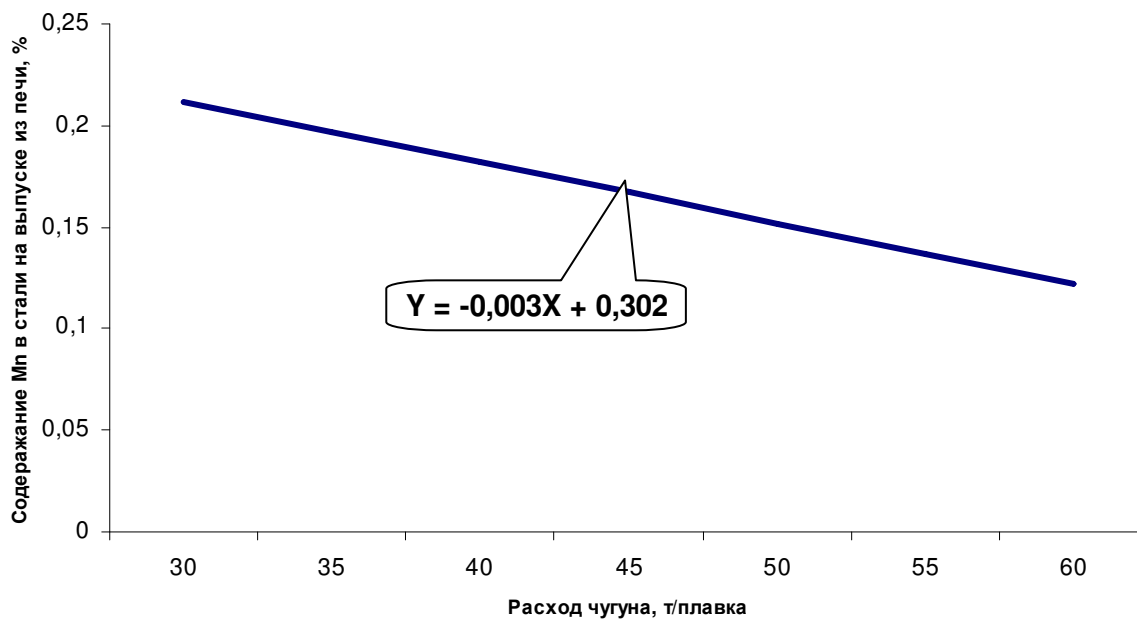


Рисунок 4 – Влияние расхода чугуна на содержание Mn в стали на выпуске из печи\*

\* – расход марганцесодержащих ферросплавов изменяется обратно пропорционально содержанию Mn в стали после выпуска из печи, так как присадка ферросплавов осуществляется на установке ковш-печь

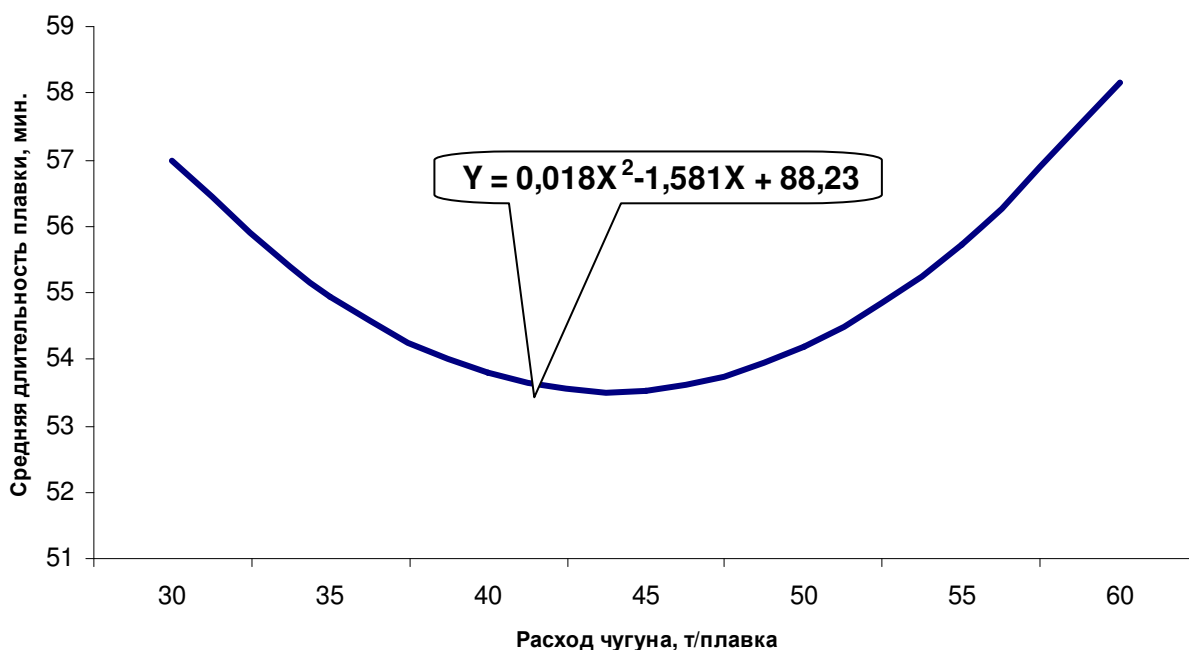


Рисунок 5 – Влияние расхода чугуна на изменение длительности плавки



Себестоимость чугуна, руб./т	9 800
Цена лома переработанного (внутри комбината), руб./т	9 500
Прибыль от реализации квадратной заготовки производства РБЦ на экспорт, руб./т	1 500
Цена электроэнергии, руб./кВт*ч	1,1
Цена SiMn, руб./т	115 000
Цена кислорода, руб./куб.м	1,4
Средний вес мет. шихты, т/плавка	121,3
Средний вес плавки, т	111,5
Производство стали ДСП-1, т	69 500
Производство стали ДСП-2, т	50 500
Производство рельсовой стали ДСП-1, т	27 500
Производство рельсовой стали ДСП-2, т	38 000
Расходный коэффициент при переработке непрерывнолитых заготовок в квадрат производства РБЦ, кг/т	1 051

Рисунок 6 – Пример ввода исходных данных

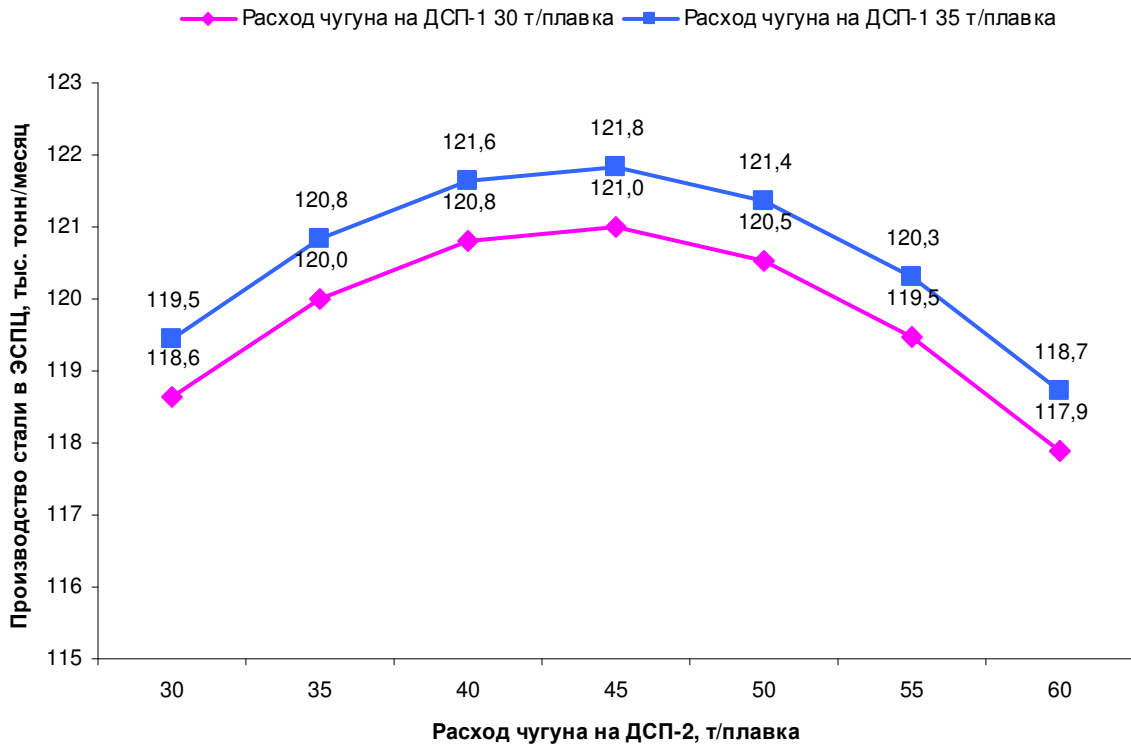


Рисунок 7 –Изменение производства стали в ЭСПЦ зависимости от расхода чугуна

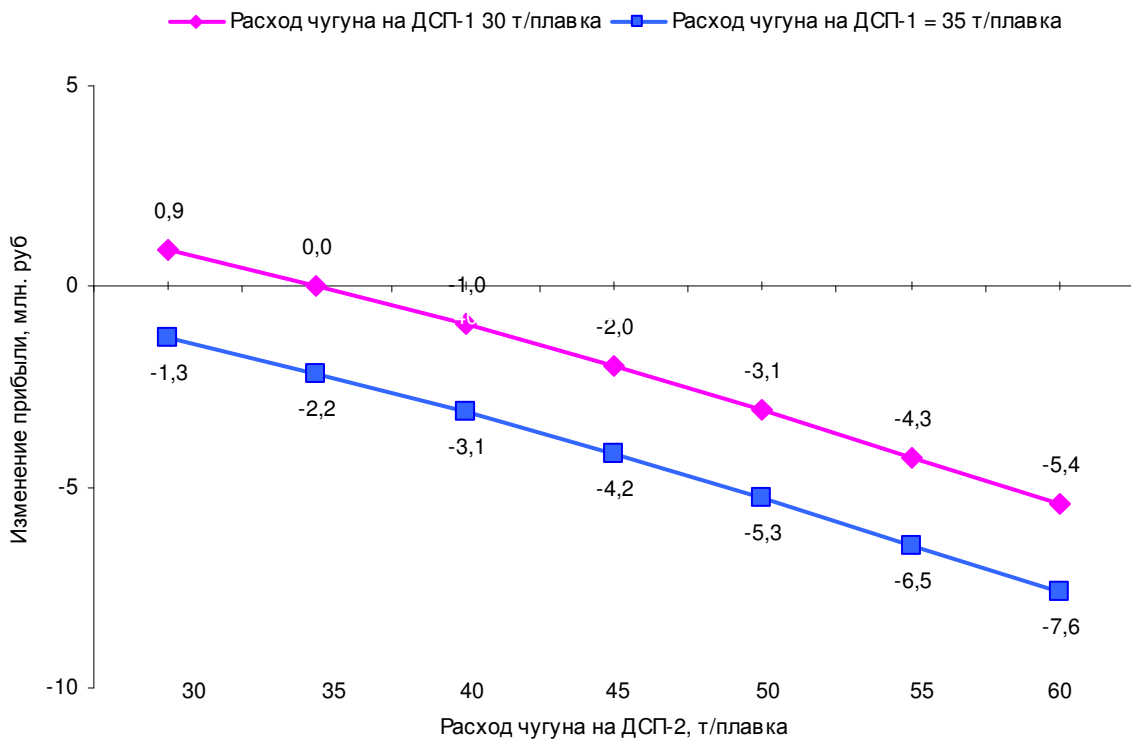


Рисунок 8 – Пример графика изменение прибыли в зависимости от расхода чугуна в ЭСПЦ

УДК 669.184.244.66

В.А. Дорошенко, Б.В. Дорошенко

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНЫЙ ПЕРЕДЕЛ ЧУГУНОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ МАРГАНЦА И ФОСФОРА

Исследовано влияние различного содержания марганца в фосфористом чугуна на ход шлакообразования.

The influence of the various contents of manganese in phosphorous pig-iron on a course of a clinker formation is investigated.

Улучшение показателей кислородно–конвертерного передела фосфористого чугуна может быть достигнуто за счет снижения в нем концентрации кремния и марганца.

В связи с этим были проведены исследования с целью изучения технологических особенностей передела фосфористых чугунов (0,7 – 1,2 % Р) с весьма низким содержанием марганца (0,12 – 0,20 % Мп) и с 0,6 – 0,7 % Мп и низким содержанием кремния (0,40 – 0,60 %).

Опытные плавки проводили в лабораторном конвертере емкостью 30 кг. Продувку чугуна производили через одноструйную фурму с критическим диаметром сопла  $3,5 \cdot 10^{-3}$  м и удельной интенсивностью подачи дутья 5,5 – 6,5 м<sup>3</sup>/т·мин без промежуточного скачивания шлака. Уровень фурмы относительно зеркала спокойного металла в первые 60 – 70 % времени продувки составлял 18 калибров, а затем понижался до 13.

Расход извести определяли в зависимости от суммарного содержания фосфора и кремния в чугуна из расчета получения в конце продувки шлака с основностью  $2,5 \pm 0,5$ . В опытах использовали известь из шахтных печей с содержанием 88,5 % СаО; 1,1 % SiO<sub>2</sub>; 1,8 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 1,2 % MgO и 6,7 % ППП. Реакционная способность извести была достаточно высокой; температура и время ее гашения составляли соответственно 85 – 95 °С и 1,0 – 1,5 мин. Фракционный состав ее: куски  $(10 - 15) \cdot 10^{-3}$  м 30 %;  $(7,0 - 10,0) \cdot 10^{-3}$  м 30 % и  $(0,5 - 7) \cdot 10^{-3}$  м 40 %.

Первую порцию флюса (50 – 60 % от общего расхода) и 0,6 % плавикового шпата вводим в конвертер в момент зажигания плавки, вторую (30 – 40 %) по истечении 20 – 25 % времени, оставшееся количество не позднее 50 – 60 % времени. В случае необходимости температуру металла и ход шлакообразования регулирования присадками агломерата (после 50 % времени продувки), расход которого составлял обычно 2 – 3 %.

Необходимо отметить, что на технологию конвертерной плавки и ее технико-экономические показатели большое влияние оказывает содержание марганца в чугуна, пределы колебания которого имеют довольно большие величины, от значений близких к нулю и до 5 – 9 %.

В связи с возрастающим дефицитом марганцевого сырья четко просматривается тенденция к снижению концентрации марганца в чугуна.

Предварительные опыты по продувке малокремнистого и низкомарганцовистого чугуна с содержанием фосфора более 0,7, нагретого до температуры 1280 – 1320 °С, показали неудовлетворительные результаты. Из-за малого запаса химического тепла зажигание затруднялось, процессы окисления примесей и шлакообразования при низкой температуре проходили замедленно.

На основании усредненных экспериментальных данных опытных плавок были построены кривые изменения состава металла, шлака и некоторых других технологических параметров процесса (рисунок 1).

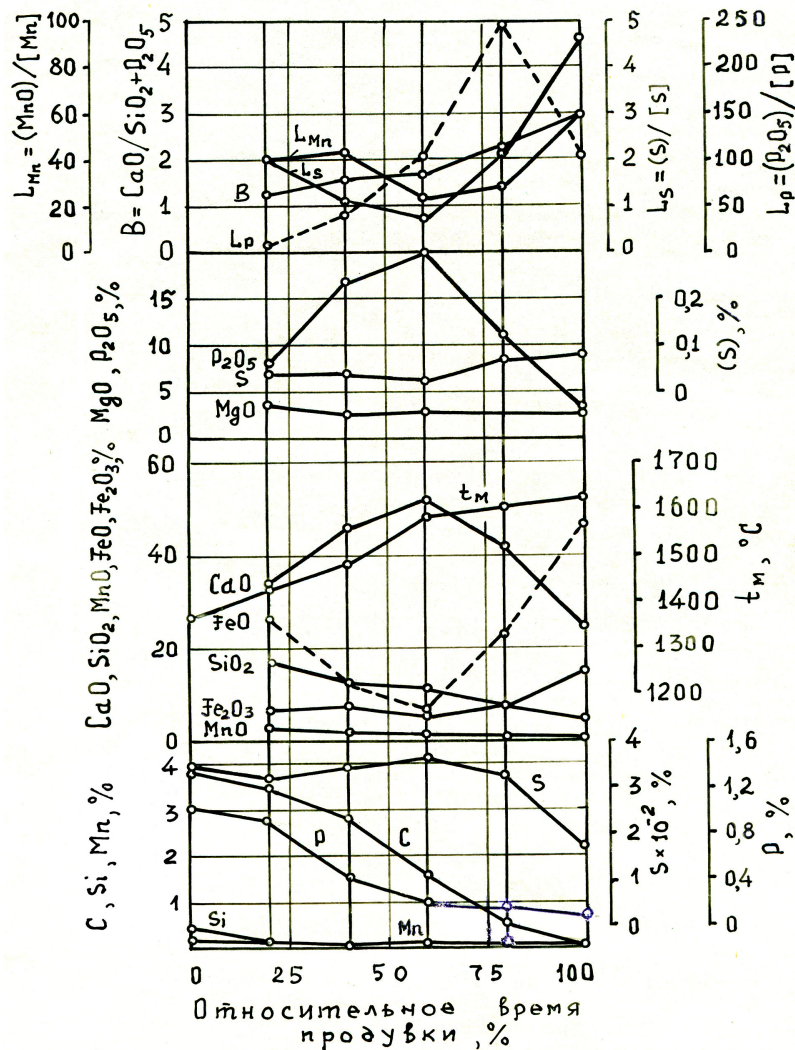


Рисунок 1 – Изменение состава металла, шлака, температуры и коэффициентов распределения в процессе продувки чугуна с пониженным содержанием марганца

Концентрация марганца в металле по ходу продувки уменьшилась с 0,12 – 0,20 % до 0,03 – 0,07 %, некоторое увеличение ее отмечалось за счет восстановления марганца из шлака в период интенсивного обезуглероживания металла. Содержание закиси марганца колебалось в относительно узких пределах и составляло 2,0 – 3,7 % в конце первой четверти плавки, 0,9 – 2,0 % в период интенсивного обезуглероживания металла и 0,8 – 1,5 % в заключительный период продувки. Коэффициент распределения марганца между шлаком и металлом изменялся в пределах 35 – 50 и 25 – 35.

Снижение концентрации марганца в чугуне и соответственно закиси марганца в шлаке по ходу продувки влияло на процесс шлакообразования и поэтому отражалось на поведении фосфора.

В опытных плавках проявились особенности, соответственные переделу низкомарганцовистого чугуна. Установлено, что уменьшение содержания марганца в чугуне приводит к увеличению скорости окисления углерода по сравнению с достигаемой при переделе обычного чугуна и к смещению ее максимума к началу продувки. Минимальная скорость окисления марганца соответствует максимальной скорости окисления углерода.

Из-за более высокой скорости окисления углерода и более короткого времени продувки температура металла при переделе низкомарганцовистого чугуна растет гораздо быстрее.

Необходимо отметить, что при указанных преимуществах окисленность шлака при переделе низкомарганцовистого чугуна в начале и в конце продувки более высокая, чем при продувке обычного чугуна.

Повышенная окисленность шлака объясняется тем, что основность его растет быстрее и к концу продувки достигает более высоких значений, чем при продувке чугуна с повышенным значением марганца.

Также установлено, что при переделе низкомарганцовистого чугуна марганец не оказывает влияния на процесс десульфурации, замедляется растворение извести и ухудшается процесс шлакообразования в начальный период продувки, однако при соответствующем регулировании дутьевого режима и распределением присадок и шлакообразующих материалов можно обеспечить оптимальные условия шлакообразования.

Следует отметить, что присадку извести по ходу продувки при переделе низкомарганцовистого чугуна целесообразно подавать в начале периода продувки, т.е. когда окисляются кремний и марганец, а также фосфор, так как в этот момент продувки образуется монтichelитовая фаза, при которой шлак взаимодействует с известью.

На ряде предприятий фосфористый передел в кислородном конвертере осуществляется при содержании марганца в чугуне не ниже 0,5 – 0,6 %, а на большинстве заводов содержание марганца в чугуне колебалось в пределах 0,8 – 1,5 %. При этом выбор концентрации марганца в фосфористом чугуне основывался на том, что повышенное содержание закиси марганца в шлаке способствует процессу растворения извести с образованием

легкоплавких манганатов кальция и положительно влияет на физические и физико – химические свойства шлаков. Это должно было перекрывать нежелательные последствия избыточного содержания марганца в чугунах.

Исследованиями продувки в конвертере передельных чугунов с повышенным содержанием марганца было установлено, что увеличение содержания марганца в металле приводит к повышению в нем остаточной концентрации фосфора. Это объяснялось тем, что марганец связывает фосфор в металле и повышает его поверхностную активность и тем самым его окисление (рисунок 2).

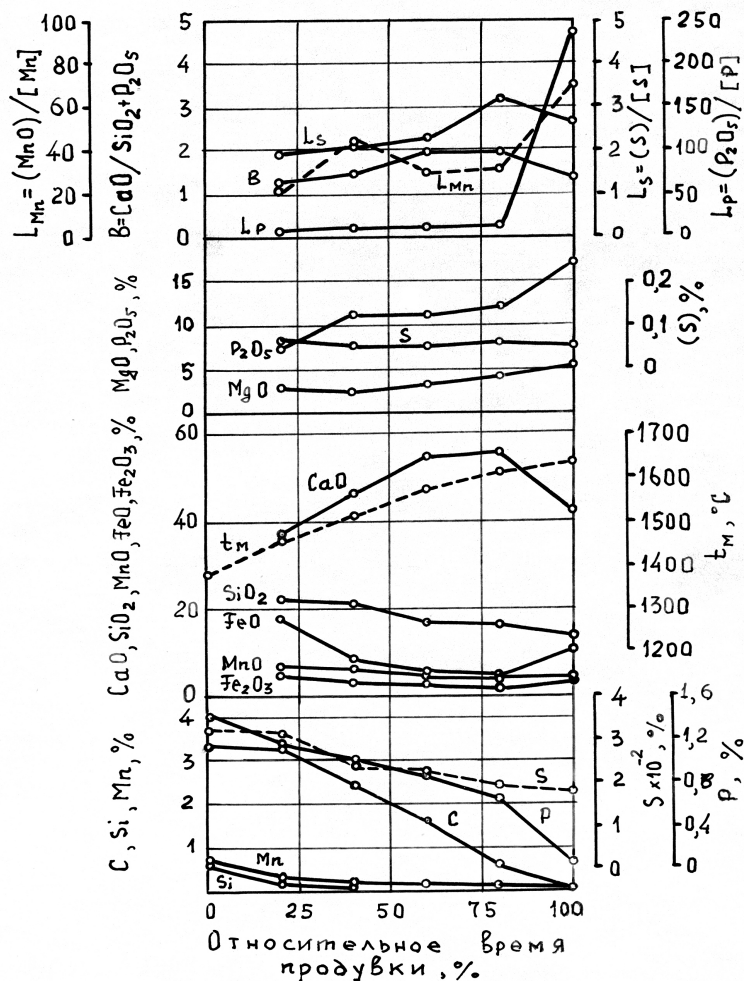


Рисунок 2 – Изменение состава металла, шлака, температуры и коэффициентов распределения в процессе продувки чугуна с повышенным содержанием марганца

Дефосфорация ухудшается не только при увеличении содержания марганца в металле, но и при значительном возрастании концентрации закиси марганца в шлаке, что снижает окислительную способность последнего.

При повышении концентрации закиси марганца в шлаке до некоторого определенного предела дефосфорация металла может улучшаться, а

затем должно наблюдаться понижение коэффициента распределения фосфора.

Величина коэффициента распределения фосфора увеличивается лишь с повышением концентрации закиси марганца в шлаке до ~ 5,0 %, а далее наблюдается резкое ухудшение этого распределения.

При постоянном содержании закиси железа в шлаке увеличение концентрации закиси марганца сопровождается уменьшением ионной доли катиона кальция, а также отрицательно сказывается на удалении фосфора.

К началу продувки при содержании 0,6 – 0,7 % Mn в чугунах пришлось повысить его температуру с 1300 до 1350 °С.

В середине операции подтвердилось положительное влияние увеличения до указанного предела (5,0 – 6,5 %) закиси марганца в шлаке в середине плавки, когда содержание закиси железа снижается и шлак проявляет склонность к «сворачиванию». На плавках предела более марганцовистых чугунов ( $Mn_{\text{чуг.}} = 0,58 - 0,64 \%$ ) содержание фосфора в металле в период продувки было ниже на 0,1 %, чем при пределе чугунов с 0,12 – 0,20 % марганца.

Таким образом, соответствующая обработка и сопоставление полученных экспериментальных данных позволило прийти к следующим выводам:

- опытные плавки показали достаточную сходимость и воспроизводимость результатов;
- при конвертерном пределе чугунов исследуемого состава проявились особенности обычного низкомарганцовистого чугуна, а именно, своеобразие формирования шлака в начале продувки и склонность шлака к «сворачиванию» в период интенсивного обезуглероживания;
- в начале продувки количество образующегося первичного шлака было меньше обычного, что сказалось на абсолютном количестве растворенной извести в шлаке;
- содержание закиси железа в первичном шлаке было выше обычных величин, а это в свою очередь повышало скорость растворения извести в шлаке;
- однако в первой четверти продувки шлак имел большую гетерогенность и содержал больше неусвоенной извести.

УДК 669.18: 621.746.5

М.В. Матвеев, М.В. Темлянецв

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ И КОНСТРУКЦИИ ФУТЕРОВОК 130-Т СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

В статье представлены результаты исследования теплового состояния сталеразливочных ковшей, приведены рекомендации по совершенствованию конструкции футеровки.

In the article the outcomes of research of a thermal condition of ladles are shown, the recommendations for perfecting a design of lining are adduced.

Одним из перспективных направлений повышения металлургического качества стали является вакуумирование. В настоящее время в России и зарубежном широко используется технология вакуумирования в вакуум камере, в которую помещается сталеразливочный ковш с жидкой сталью.

При освоении технологии вакуумирования стали в электросталеплавильном цехе ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат» наблюдали явление периодического покраснения брони сталеразливочного ковша после вакуумирования. Покраснение брони сопровождалось деформацией геометрии ковша и приводило к преждевременному выводу его из эксплуатации.

Для выявления причин данного явления и разработки мероприятий по его устранению проведена серия промышленных экспериментов по изучению тепловой работы футеровок 130-т сталеразливочного ковша и вакуум камеры. Температуру брони ковша и внутренней поверхности вакуум камеры измеряли с помощью тепловизора «Flir». На рисунках 1 и 2 показаны характерные термограммы внутренней поверхности футеровки вакуум камеры и брони ковша после вакуумирования. В результате экспериментальных замеров установлено, что в процессе вакуумирования внутренняя поверхность вакуум камеры разогревается до 300 – 350 °С, а температура брони ковша возрастает до 470 – 520 °С, причем наибольший перегрев наблюдается в средней части по высоте ковша.



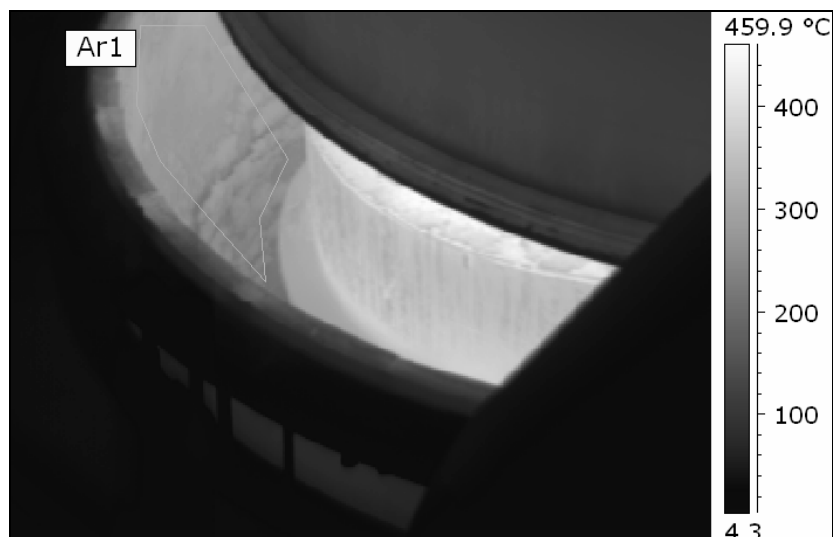


Рисунок 1 – Термограмма температуры поверхности футеровки вакуум камеры (в области Ar1 максимальная температура поверхности 308 °С, средняя 272 °С)

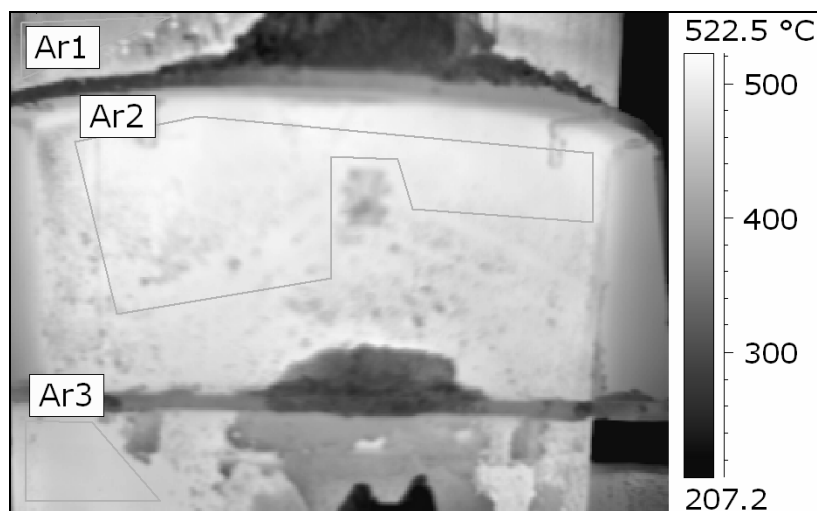
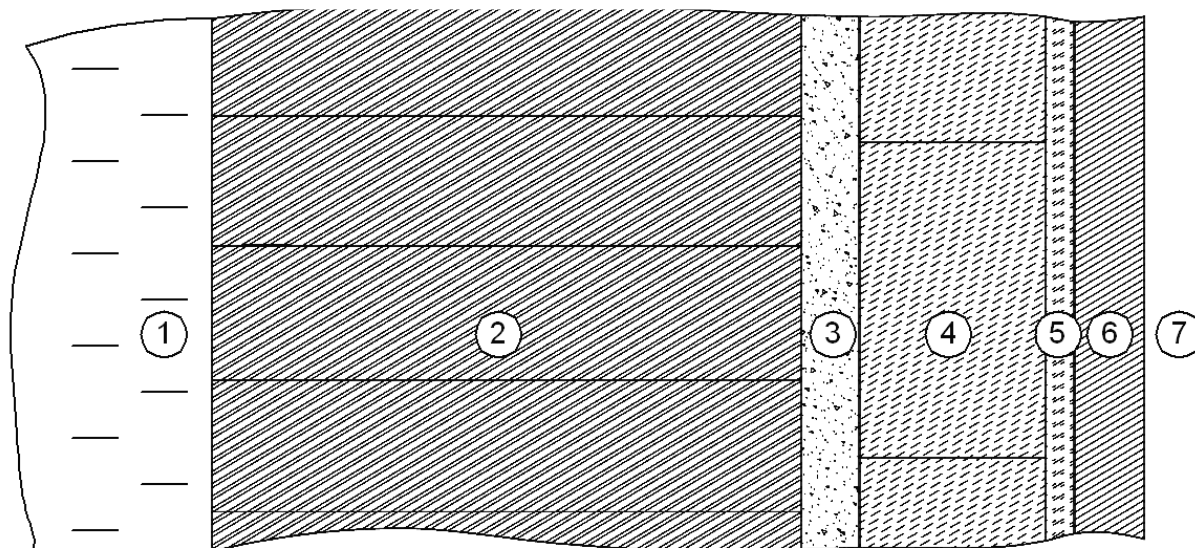


Рисунок 2 – Термограмма температуры поверхности кожуха сталеразливочного ковша (максимальная и средняя температуры поверхности в областях Ar1, 2 и 3 составляют 487, 421; 518, 497 и 472, 458 °С соответственно)

В качестве основных мероприятий, обеспечивающих уменьшение потерь тепла расплавом и снижение температуры кожуха ковша предложены замена материалов арматурного и теплоизоляционного слоев на другие огнеупоры с меньшими коэффициентами теплопроводности и увеличение толщины теплоизоляционного слоя. На рисунке 3 схематично представлена конструкция футеровки сталеразливочного ковша.



1 – жидкая сталь; 2 – рабочий слой; 3 – огнеупорная засыпка;  
 4 – контрольный слой; 5 – теплоизоляционный слой; 6 – стальной кожух;  
 7 – окружающая атмосфера

Рисунок 3 – Конструкция футеровки 130-т сталеразливочного ковша

Прогнозирование температурных полей в футеровке сталеразливочного ковша действующей и предлагаемой конструкции осуществляли с применением усовершенствованной и адаптированной для условий ОАО «НКМК» математической модели, представленной в работах [1, 2]. Расчеты проводили для вариантов конструкций, представленных в таблице.

Таблица – Исследуемые варианты конструкций футеровки 130-т ковша

Вариант	Характеристика	Слой футеровки ковша					Температура кожуха, °С
		рабочий	огнеупорная засыпка	контрольный	теплоизоляционный	кожух	
1/2 (действующая конструкция)	Материал	Периклазоуглеродистый кирпич	Засыпка ММКН-90, ППЭ-88	МКРКП-45	Асбест	Сталь 09Г2С	514/498
	Толщина, мм	100/203	20	64	10	24	
3/4	Материал	Периклазоуглеродистый кирпич	Засыпка ММКН-90, ППЭ-88	ШКУ-32	PiroStop CARTO-125	Сталь 09Г2С	454/447
	Толщина, мм	100/203	20	64	10	24	
5/6	Материал	Периклазоуглеродистый кирпич	Засыпка ММКН-90, ППЭ-88	ШКУ-32	PiroStop CARTO-125	Сталь 09Г2С	424/421
	Толщина, мм	100/203	20	64	20	24	

На рисунке 4 представлены результаты моделирования. Анализ распределения температуры  $t$  по толщине футеровки  $x$  показывает, что повы-

шение термического сопротивления футеровки ковша достаточно эффективно. Наибольший положительный эффект приносит замена асбеста на перспективный теплоизоляционный материал PiroStop CARTO-125 и увеличение толщины теплоизоляционного слоя до 20 мм. При реализации указанных мероприятий температура брони ковша для максимальной толщины рабочего слоя может быть снижена с 498 до 421 °С т.е. на 77 °С.

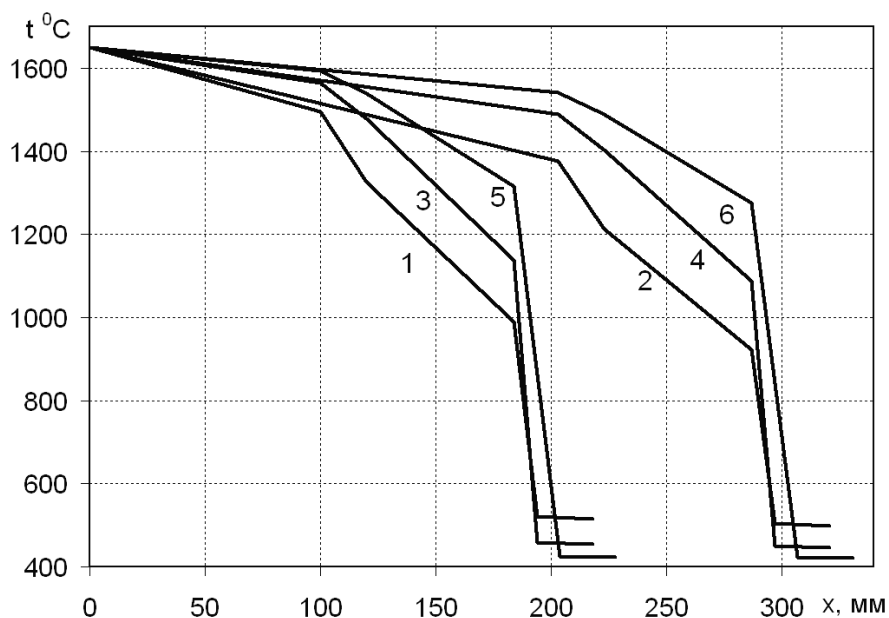


Рисунок 4 – Распределение температур по толщине футеровки ковша для различных вариантов конструкции

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стариков В.С. Огнеупоры и футеровки в ковшевой металлургии / В.С. Стариков, М.В. Темлянцев, В.В. Стариков. – М.: МИСИС, 2003. – 328 с.
2. Моделирование тепловой работы футеровки металлургических ковшей / В.С. Стариков, М.В. Темлянцев, Е.Н. Темлянцева, А.Ю. Коробкин // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2002. – № 10. – С. 55, 56.

УДК 669.71

М.Я. Минцис

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ВЫБОР ОСНОВОПОЛАГАЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

В статье обоснован выбор параметров, определяющих геометрические размеры катодного и анодного узлов алюминиевых электролизеров

In article the choice of the parameters defining the geometrical sizes of anodic end cathodes unit's aluminium electrolytic cells is proved.

В методической литературе [1] считается, что основным параметром, определяющим геометрические размеры алюминиевого электролизера, является плотность тока в аноде ( $i_a$ ). Действительно, выбрав плотность тока в аноде  $i_a$ , и зная ток серии  $I_c$ , определяют площадь анода Содерберга  $S_a$  или площадь анодного массива  $S_{ам}$ , состоящего из обожженных анодных блоков по формулам

$$S_a = I_c / i_a = l_a \cdot b_a;$$

$$S_{ам} = L_{ам} \cdot B_{ам} = [n \cdot b_{аб} + (n - 1) \cdot a] \cdot [2 \cdot l_{аб} + b],$$

где  $l_a$  и  $b_a$  – длина и ширина анода Содерберга,  $l_{аб} \cdot b_{аб}$  – длина и ширина обожженного анодного блока в массиве,  $n$  – количество блоков в анодном массиве,  $a$  – расстояние между блоками в ряду,  $b$  – расстояние между рядами блоков.

Чем больше значение  $i_a$ , тем меньше площадь анода и/или анодного массива, то есть действительно величина  $i_a$  однозначно определяет площадь анода.

Площадь шахты  $S_{ш}$  электролизера зависит как от площади анода, так и от расстояния от анода до бортов шахты. Таким образом, и при неизменной анодной плотности тока площадь шахты возрастает по мере увеличения расстояния от анода до ее бортов.

В отечественной практике принято задаваться величинами расстояния от анода до бортов шахты, ориентируясь на практические достигнутые данные на электролизерах Содерберга.

В зарубежной практике дизайн электролизера оценивают отношением площади анода к площади шахты электролизера  $S_a/S_{ш}$ , полагая, что это соотношение должно быть равным 85 – 90 %. Представляется практически более удобным пользоваться не этим соотношением, а величиной подовой плотности тока  $i_n$ , то есть отношением силы тока серии  $I_c$  к  $S_{ш}$ ,

$$i_{\text{п}} = I_{\text{с}}/S_{\text{ш}},$$

Считая, что на обожженных анодах (ОА) плотность тока должна быть на уровне  $0,85 - 0,90 \text{ А/см}^2$ , можно сделать вывод, что подовая плотность тока на электролизерах с обожженными анодами (ОА) должна составлять  $0,72 - 0,81 \text{ А/см}^2$ .

На ныне существующих электролизерах Содерберга, которые были спроектированы в середине XX в, плотность тока в аноде составляла: на электролизерах БТ –  $0,72 - 0,76$ , а на электролизерах ВТ –  $0,64 - 0,66 \text{ А/см}^2$ . В настоящее время эти электролизеры работают на силе тока на  $15 - 20 \%$  выше проектной, и поэтому  $i_{\text{а}}$  у электролизеров БТ составляет  $0,85 - 0,90$ , а на электролизерах ВТ –  $0,75 - 0,80 \text{ А/см}^2$ .

Аналогичная ситуация сложилась и на электролизерах ОА. Так, на электролизерах САЗа на силу тока  $255 \text{ кА}$ , введенных в эксплуатацию более четверти века назад, установлено  $36$  анодных блоков с размерами  $145 \times 70 \text{ см}$  ( $10150 \text{ см}^2$ ) и поэтому проектная анодная плотность тока составляла  $0,697 \text{ А/см}^2$ . Электролизеры же, установленные на ХАЗе, имея такое же количество анодных блоков, но введенные в работу в  $2008 \text{ г}$ , работают на силе тока  $320 \text{ кА}$ , и поэтому  $i_{\text{а}} = 0,875 \text{ А/см}^2$ .

Катодная плотность тока ( $i_{\text{к}}$ ) есть отношение силы тока серии к площади жидкого алюминия в шахте, которая зависит от формы рабочего пространства. Поэтому площадь зеркала металла оперативно измерить невозможно, и поэтому ее значение не пригодно для расчетов конструктивных размеров электролизера. Значительно более удобно использовать при расчетах подовую плотность тока ( $i_{\text{п}}$ ), которая равна отношению силы тока серии  $I_{\text{с}}$  к площади шахты  $S_{\text{ш}}$

$$i_{\text{п}} = I_{\text{с}}/S_{\text{ш}}$$

Анодная плотность тока определяется физико-химическими свойствами анода. Принято считать, что на современных электролизерах ОА оптимальное значение  $i_{\text{а}}$  составляет  $0,85 - 0,90 \text{ А/см}^2$ . На анодах Содерберга с боковым подводом тока (БТ) в настоящее время  $i_{\text{а}}$  находится в пределах  $0,85 - 0,90$ , а на электролизерах ВТ –  $0,75 - 0,80 \text{ А/см}^2$ .

Задача по определению оптимального значения  $i_{\text{п}}$  значительно сложнее, так как от ее величины зависит объем электролита в шахте электролизера – с увеличением  $i_{\text{п}}$  возрастают размеры шахты и объем электролита в ней.

Количество электролита в шахте определяет способ подачи глинозема в электролит. При поточной обработке электролизера, которую осуществляют каждые  $2,5 - 4$  часа, необходимый объем электролита в шахте должен быть больше, чем при оснащении электролизера системой питания глиноземом (АПГ), питающая электролит глиноземом каждые  $5 - 10$  мин. Применение системы АПГ позволяет снизить необходимый объем электролита в электролизере, и обеспечить ведения процесса при минимально возможной концентрации глинозема в нем.

В работе [1] приведена методика расчета необходимого количества электролита в шахте в зависимости от способа питания глиноземом, а следовательно, позволяет определить подовую плотность тока. Расчеты показывают [2], что при оснащении электролизера системой АПГ снижаются габариты и материалоемкость катодного устройства до 20 %.

Учитывая, что катодное устройство практически полностью заменяется каждые 5 – 6 лет, представляется целесообразным, одновременно с оснащением электролизеров системами АПГ, изменить конструкцию катодного устройства электролизеров всех типов. При этом уменьшаются габариты катода, что помимо основных преимуществ (повышение выхода по току, снижение эмиссии фторидов в атмосферу и пр.), позволяет снизить затраты на проведение капитального ремонта на 15 – 20 %. Снижение затрат на капитальный ремонт одного электролизера типа С-8БМ составит до 700 тыс. руб., что в условиях современного финансового кризиса может оказаться весьма своевременным и экономически полезными.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минцис М.Я. Модернизация катодного узла алюминиевых электролизеров с анодами Содерберга / М.Я. Минцис, Г.В. Галевский // Вестник горнометаллургической секции РАЕН. Вып. 22. – Новокузнецк, 2008. – С. 109-114.

2. Галевский Г.В. Metallургия алюминия. Электролизеры с анодом Содерберга и их модернизация: Учебное пособие / Г.В. Галевский, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов. – М.: Флинта·Наука, 2008. – 238 с.

УДК 621.746

И.Ф. Селянин, В.Б. Деев, С.А. Цецорина

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ ДИФФУЗИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ

В работе на основе механизма разделительной диффузии компонентов представлены особенности процесса кристаллизации металлических расплавов, обработанных различными модифицирующими воздействиями.

The features of the crystallization process of metal melts which are influenced by different modifying effects and based on the separating diffusion mechanism are shown in the article.

В современной металлургии и литейном производстве известны следующие способы модифицирующего воздействия на металлические расплавы, приводящие к измельчению структурных составляющих при кристаллизации: тепловой способ (повышенные скорости охлаждения при затвердевании), модифицирование примесными добавками, обработка высокотемпературным перегревом, ультразвуком, вибрацией, различными электромагнитными полями, введение твердой шихты (обработка микрохолодильниками).

Механизмы процесса кристаллизации расплавов, обработанных модифицирующими воздействиями, в настоящее время являются весьма дискуссионными и продолжают привлекать внимание многих исследователей. Проводимые исследования, как правило, носят системный характер, однако существует и ряд недостаточно затронутых вопросов. Так, при выявлении влияния модифицирующих воздействий на характер кристаллизации расплавов совершенно не учитываются параметры затвердевания отливок. Между тем эти факторы могут существенно повлиять на размер зародышей кристаллизации и их количество в единице объема расплава [1].

В работах [2 – 5] было показано, что полное время затвердевания сплавов (которое отчитывается от температуры заливки до окончания «стояния» температуры «солидус») увеличивается при любом модифицирующем воздействии на расплавы. При этом происходит измельчение зерна и других составляющих сплава. Следует заметить, что увеличению полного времени затвердевания сплава способствует увеличение времени кристаллизации в интервале «ликвидус»-«солидус», при этом сам интервал кристаллизации может уменьшаться (сужаться или переходить в область

более низких температур). Время кристаллизации модифицированного сплава увеличивается за счет уменьшения конвективной теплопроводности, увеличения вязкости кристаллизующегося расплава. В данном случае теплоотвод не является определяющим фактором.

Ниже на основе предлагаемого механизма разделительной диффузии представлены особенности процесса кристаллизации металлических расплавов, обработанных модифицирующими физическими воздействиями (электромагнитными полями, вибрацией, термовременной обработкой и т.д.), приводящими к разной степени гомогенизации.

В расплаве при его кристаллизации для образования зародыша критических размеров необходимо преодолеть потенциальный барьер на границе «зародыш – расплав», который определяется как

$$\Delta\sigma_{ж-т} = \kappa(W_T - W_ж), \quad (1)$$

где  $\Delta\sigma_{ж-т}$  – разность поверхностной энергии расплава и твердой фазы;  $\kappa$  – коэффициент пропорциональности;  $W_T$ ,  $W_ж$  – работа выхода электрона из твердого кристалла критических размеров и из расплава соответственно.

В расплавах всегда имеются примеси и компоненты  $A$  и  $B$ , которые, в свою очередь, также образуют частицы  $A_m B_n$  разного размера и состава. Растворимость примеси и компонента  $B$  в твердом состоянии меньше, чем в жидкости. При росте зародыша примеси накапливаются на поверхности кристалла, возникает адсорбционная пленка инородных атомов на его поверхности (рисунок 1). Она блокирует дальнейший рост кристалла, так как атомам компонента  $A$  нужно проникнуть через толстую пленку  $\delta$  на поверхности своего кристалла. Скорость роста кристалла падает до нуля (рисунок 2). Кристалл прекращает рост, в расплаве должен возникнуть новый зародыш, нужно время  $\Delta t$ , чтобы преодолеть преодолеть потенциальный барьер на границе «зародыш – расплав», новый кристалл опять может вырасти только до размеров первого кристалла. Затем появляется следующий зародыш и т.д. Процесс зарождения и роста идет с накладкой (гистерезисом) во времени и в интервале «ликвидус – солидус». Поэтому все зерна вырастают примерно одинаковых размеров. Чем меньше скорость диффузии примесей с поверхности растущего кристалла, тем быстрее образуется толстая пленка на его поверхности и тем мельче будет зерно, меньше ликвация. При этом подавляется зональная ликвация.

Адсорбционная пленка, возникающая на поверхности зародыша, удерживается электростатическими силами (физической адсорбции) за счет контактной разности потенциалов (К.Р.П.). Чем больше разность между работой выхода пленки и работой выхода зародыша, тем прочнее пленка удерживается на зародыше, и тем в дальнейшем будет мельче зерно.



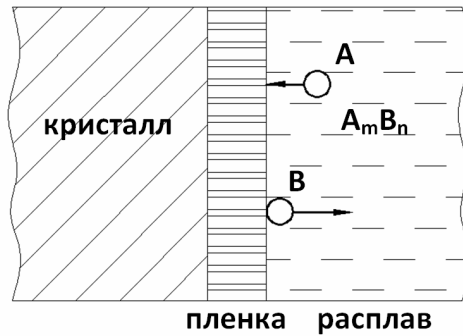
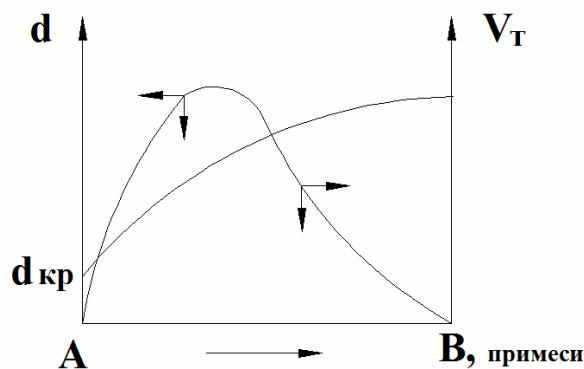


Рисунок 1 – Схема образования кристалла в расплаве (обработанного физическими внешними воздействиями) с позиции механизма разделительной диффузии



$V_T$  – скорость роста кристалла;  $d$  – средний размер зерна

Рисунок 2 – Зависимость скорости роста кристалла и среднего размера зерна от состава расплава, обработанного физическими внешними воздействиями

То есть, модифицирующий эффект определяется тремя факторами:

1. гомогенизацией расплава (степенью гомогенизации);
2. физической адсорбцией примесей на зародыше за счет К.Р.П.;
3. скоростью диффузии примеси в расплаве от поверхности растущего кристалла (чем больше скорость диффузии примеси, тем быстрее удаляются атомы примеси с внешней поверхности пленки, тем медленнее она утолщается во времени, тем крупнее будет зерно; и наоборот).

Следует отметить, что физические воздействия на расплавы – вибрация, продувка, электромагнитные поля способствуют гомогенизации расплава, как и при термовременной обработке, только при пониженных температурах. Гомогенизация расплавов приводит к возникновению виртуальных химических связей между атомами  $A$  и  $B$  и атомами примесей. При быстром охлаждении эти связи увеличивают вязкость сплава, уменьшают диффузию компонентов  $A$  и  $B$  и измельчают структуру.

Таким образом, все модифицирующие физические воздействия на расплавы воздействия замедляют диффузию атомов или компонента  $A$ , или

компонента *B*, или примесей, или всех одновременно, или бинарную диффузию *A–B*, *A*–примеси, *B*–примеси, *A–B*–примеси и измельчают зерно.

Газы (в зависимости от сплава –  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ) также адсорбируются на поверхности растущих твердых кристаллов, создают ту же пленку критической толщины  $\delta$  и модифицируют расплавы.

Эвтектики измельчаются тогда, когда модифицирующее воздействие тормозит диффузию атомов *A* и *B* при одновременном образовании  $\alpha$  и  $\beta$ -фаз. Эвтектики всегда образуются при более низких температурах, когда температурный фактор резко замедляет диффузию компонентов *A* и *B*, и они диффундируют на минимальное расстояние. Очевидно, что чем ниже будет эвтектическая температура по отношению к температуре компонентов *A* и *B*, тем меньше будет коэффициент разделительной диффузии и тем более мелкозернистая будет структура эвтектики. Наиболее «глубокие» эвтектики характерны для аморфных сплавов, так как в этом случае скорость разделительной диффузии будет минимальной и компоненты *A* и *B* не успевают разделиться с образованием  $\alpha$  и  $\beta$ -фазы.

Выводы: Показано, что модифицирующие внешние воздействия на расплавы приводят при кристаллизации к торможению диффузии компонентов *A* и *B*, которая способствует увеличению времени кристаллизации (и соответственно, полного времени затвердевания сплавов) и измельчению зерна сплавов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кластерная модель кристаллизации металлических расплавов / И.Ф. Селянин, В.Б. Деев, С.А. Цецорина [и др.] // Вестник горно-металлургической секции РАЕН: Сборник научных трудов. Вып. 21. – Москва-Новокузнецк, 2008. – С. 145-153.
2. Влияние модифицирования на жидкотекучесть, усадку, газонасыщенность и пористость литейных алюминиевых сплавов / И.Ф. Селянин, И.Ю. Кольчурина, В.А. Скударнов [и др.] // Ползуновский альманах. – 2006. – № 3. – С. 185-190.
3. Исследование технологических параметров и расчет количества твердой фазы при кристаллизации литейных алюминиевых сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, И.Ю. Кольчурина [и др.] // Литейщик России. – 2007. – № 8. – С. 18-22.
4. Башмакова Н.В. Исследование влияния электрического тока на кристаллизацию и свойства алюминиевых сплавов с повышенным содержанием железа: автор-т дисс.... канд. техн. наук / Н.В. Башмакова: СибГИУ. – Новокузнецк, 2007. – 16 с.
5. Цецорина С.А. Исследование влияния магнитного поля на свойства литейных алюминиевых сплавов и разработка ресурсосберегающей технологии их получения: автор-т дисс.... канд. техн. наук / С.А. Цецорина: СибГИУ. – Новокузнецк, 2008. – 19 с.

УДК 546.262.5

А.П. Коробейников, А.Н. Филин, М.В. Федотов, В.В. Барыльников  
ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УГАРА МАРГАНЦА ПРИ ВЫПЛАВКЕ МАРГАНЦЕВЫХ СПЛАВОВ

В статье проведен термодинамический анализ процесса угара марганца при выплавке марганцевых сплавов.

In the article the thermodynamic analysis of process of an intoxication of manganese is conducted at melt of manganese alloys.

При производстве металлического марганца и сплавов наблюдаются потери металла с отходящими газами. По данным [1] угар марганца достигает 10 % и более. Потери металла снижают эффективность производства при одновременном увеличении расхода электроэнергии и восстановителя, что приводит к обострению экологической обстановки. В науке этой проблеме не уделялось особого внимания. На основании анализа свойств соединений марганца можно предполагать, что испарение металла при плавке наблюдается незначительное. При высоких температурах возможно взаимодействие металла с оксидом углерода с образованием карбонильных соединений  $Mn_m(CO)_n$ . В справочной литературе [2] описаны свойства только одного соединения  $Mn_2(CO)_{10}$ , температура плавления которого составляет 428 К, температура кипения 506 К. Известны теплота плавления и возгонки, а также стандартные энтальпии для кристаллического и газообразного соединения.

В работе [3] авторы наблюдали коррозию чугуновых колоколов, по которым эвакуируются газы образующиеся при электролизе алюминия, при этом в холодной зоне газоходов обнаружено металлическое железо. Результаты исследований указывают на вероятность образования карбонильных и гидридкарбонильных соединений, которые образуются при повышенных температурах в среде содержащей оксид углерода и водород.

Согласно литературных источников, известны следующие группы карбонильных соединений:

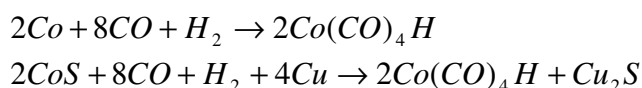
- одноядерные соединения (в соединении присутствует один атом металла);
- многоядерные (несколько атомов металла);
- смешанные (два атома разных металлов в молекуле);
- карбонилгидриды (в молекуле карбонила содержится водород);

- карбонилгалогениды (группа CO в молекуле заменена галогеном Cl, F, Br, I);
- нитрозильные (группа CO в молекуле заменена нитрозильной группой NO).

В производстве применяется чистое железо, полученное карбонильным способом, т.е. железо (реактив) производится путем разложения пентакарбонила железа Fe(CO)<sub>5</sub>. Полученное железо обладает ценными свойствами используемыми в электронной технике. Опубликованных технологий нами в литературе не обнаружено.

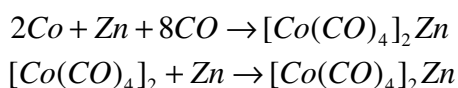
В литературе имеются указания на получение ряда карбониллов Ni(CO)<sub>4</sub>, [Co(CO)<sub>4</sub>]<sub>2</sub>, Mo(CO)<sub>6</sub>, W(CO)<sub>6</sub>, Ru(CO)<sub>5</sub>, [Rh(CO)<sub>4</sub>]<sub>2</sub>, Mn<sub>2</sub>(CO)<sub>10</sub>, путем пропускания оксида углерода над тонкоизмельченным металлом при соответствующих температурах и давлениях. При получении карбонила железа и оксида алюминия, никель, медь, висмут, аммиак, водород, сера усиливают основную реакцию. Металл обязательно должен быть активным в тонкоизмельченном виде.

Из числа карбонилгидридов в литературе приведен способ получения гидридкарбонила кобальта, который образуется при обработке кобальта или сульфида кобальта водородом и оксидом углерода по реакции:



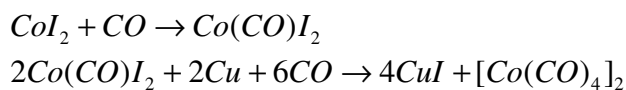
Этим же методом получают карбонилгидрид родия. Попытка получения карбонилгидрида железа приводит к образованию пентакарбонила [4].

Известны так же смешанные карбонилы такие как [Co(CO)<sub>4</sub>]<sub>2</sub>Zn, который можно получить по реакциям:

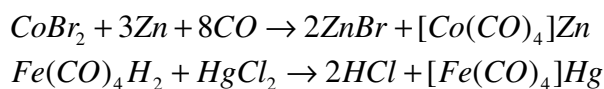


Некоторые карбонилгалогены металлов были получены как промежуточные продукты при получении карбониллов методом высокого давления. В других случаях их существование считается предположительным. Некоторые элементы образуют карбонилгалогениды, другие элементы образуют простые карбонилы при одинаковых условиях эксперимента.

Предполагается, что при получении [Co(CO)<sub>4</sub>]<sub>2</sub> образуется промежуточное летучее соединение Co(CO)I<sub>2</sub>. Реакция протекает в две стадии:



Однако в устойчивом виде было получено только два вещества  $\text{Ir}(\text{CO})_3\text{Cl}$  [4] и  $\text{Re}(\text{CO})_5\text{Cl}$ . Смешанные карбонилы возможно получить по реакциям:



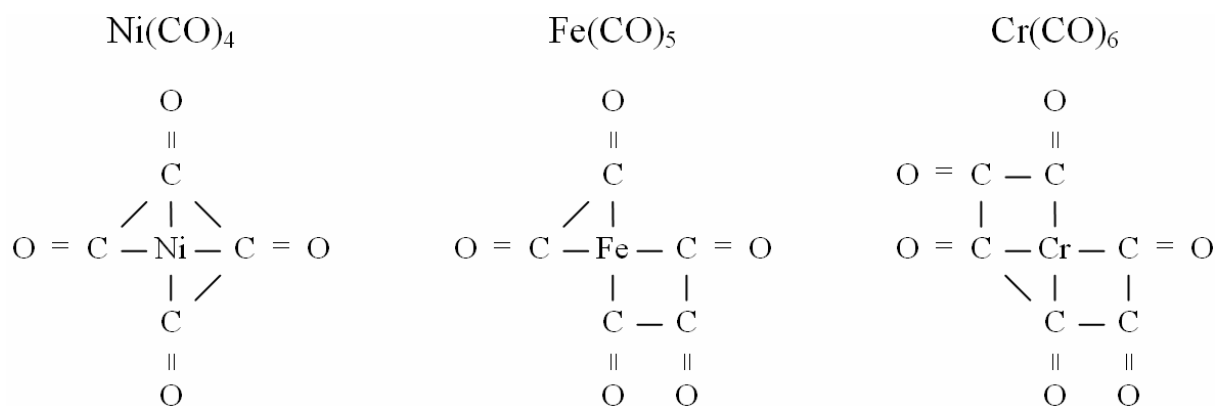
Смешанные карбонилы образуют ртуть, цинк, кадмий, индий, таллий, олово.

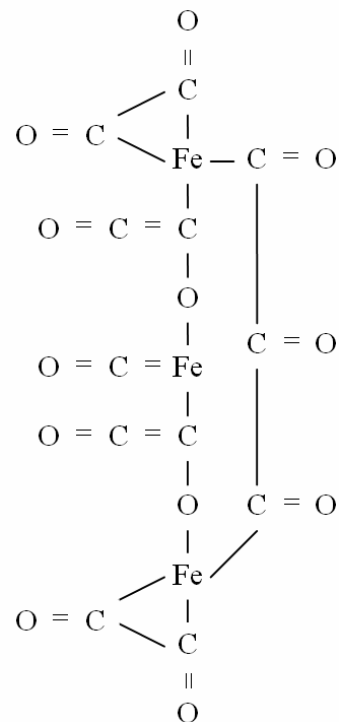
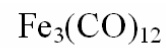
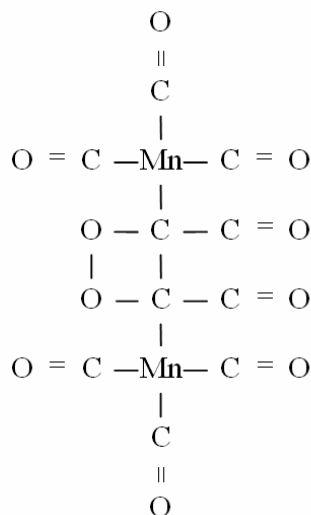
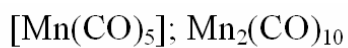
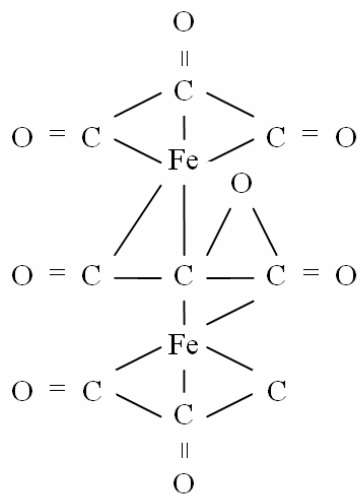
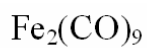
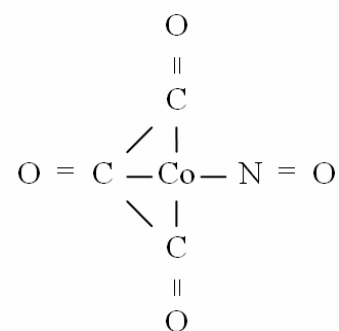
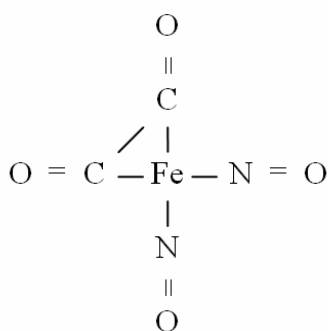
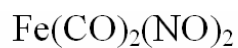
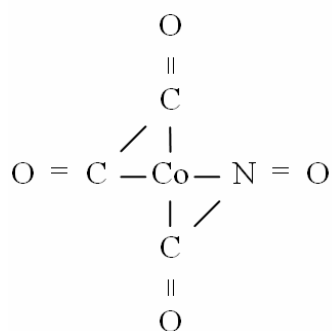
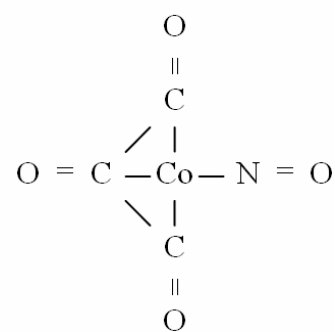
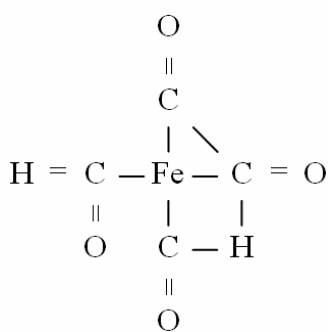
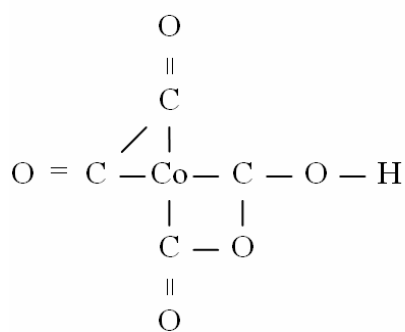
Карбонильную группу веществ можно рассматривать как молекулу оксида углерода присоединенную к центральному атому металла, как и другие нейтральные молекулы или ионы присоединены к центральному катионам. Это положение согласуется с энергетическими представлениями и со свойствами соединений, исключая возможность значительного участия вандерваальсовских связей [4]. Такую точку зрения подтверждают следующие факты:

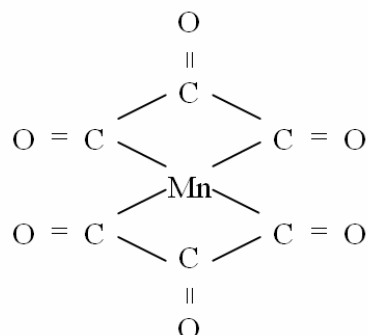
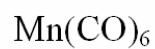
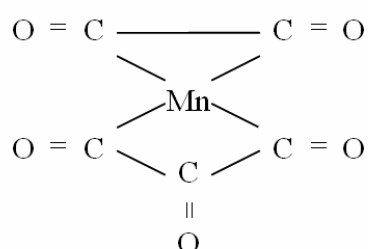
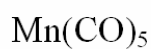
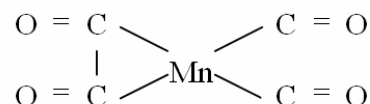
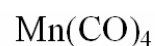
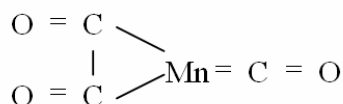
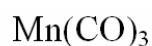
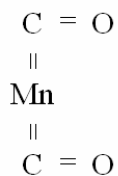
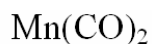
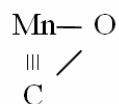
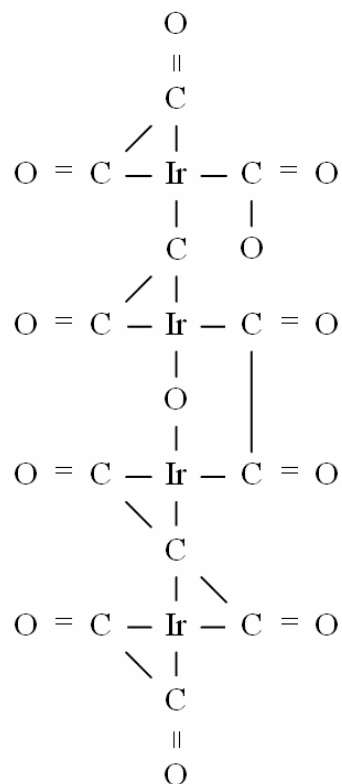
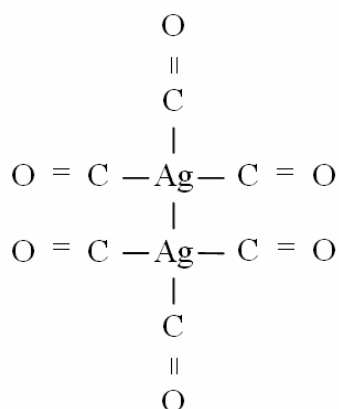
- спектроскопические данные, показывающие, что спаривание d-электронов требует энергии порядка 204,4 кДж;
- высокая летучесть указывает на неполярный характер простых карбонилы;
- выделение оксида углерода при разложении;
- диамагнитный характер простых карбонилы;
- расстояние связи C – O в карбонилах (1,13-1,15А) равно расстоянию связи в оксиде углерода (1,13А);
- связь между положением металла в периодической таблице Д.И. Менделеева и составом карбонилы, которые он образует.

На основании указанных исследований утверждается, что в одноядерных карбонилах атом металла окружен карбонильными группами, связь с металлом осуществляется через углеродный атом, а атомы металла, углерода и кислорода расположены линейно.

Структурные формулы однополярных карбонилы, гидрокарбонилы и нитрокарбонилы представлены ниже:



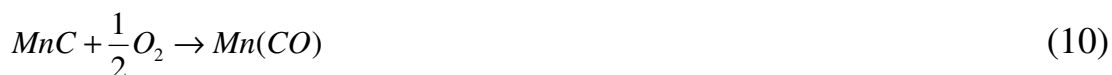
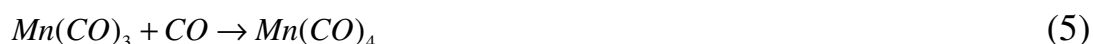




Предлагаемые структурные формулы позволяют предполагать о вероятности образования карбонильных соединений при ведении металлургических процессов.

В литературе приводится информация об образовании одно-, двух-, тетракарбониллов железа, одноядерных и двухядерных карбониллов. Приведенные авторами структурные формулы подтверждают вероятность образования таких соединений. Описаны свойства четырехядерного карбонила осмия. Утверждается, что более высокие степени полимеризации приводят к структурам, который дают малорастворимые и нелетучее молекулы. Низшие соединения карбониллов обладают высокой растворимостью и летучестью. Поспехов [4] описал принцип образования многоядерных карбониллов. Это принцип исключительно прост и объясняет связывание атомов в молекулах через кислород и через углерод, а так же объясняет все известные формулы полимерных карбониллов металлов.

Процессы, протекающие при выплавке марганцевых сплавов, можно представить следующими реакциями:



Оценить вероятность протекания предполагаемых реакций представляется сложным в связи с отсутствием стандартных термодинамических характеристик. Но можно утверждать, что оксид марганца должен реагировать с оксидом углерода с образованием металлического марганца (реакция 1). Эта реакция изучена и общеизвестна. Многостадийное образование карбонила  $Mn_2(CO)_{10}$  сомнительно, т.к. высокие температуры и концентрации реагентов обеспечивают протекание таких реакций с большими скоростями.

Поочередное образование промежуточных реакций с образованием карбониллов в ряду  $Mn(CO) - Mn(CO)_2 - Mn(CO)_3 - Mn(CO)_4 - Mn(CO)_5 - Mn_2(CO)_{10}$  следует считать более вероятными. Можно предполагать, что образование устойчивого соединения  $Mn_2(CO)_{10}$  протекает в две стадии. Образование карбониллов из карбида марганца следует считать маловероятным, т.к. содержание карбидов в расплаве незначительное, а угар марганца выше на 10 %. На основании общих закономерностей можно пред-



положить, что при выплавке марганцевых сплавов образуются низкие карбонилы, которые возгоняются с отходящими газами и разлагаются при низких температурах на металлический марганец и оксид углерода.

Аналогичные выводы следуют на основании исследований по угару железа при электролизе алюминия [3]. Выполнить термодинамический анализ реакций 2 – 11 не представляется возможным из-за отсутствия констант. Осуществление реакции 9 следует считать не реальной.

Обобщение информации о свойствах карбонильных соединений металлов позволяет утверждать о вероятности образования и разложения этих веществ в металлургических агрегатах при производстве чугуна, стали, ферросплавов, в коксовых печах, в установках сухого тушения кокса. Карбонильные и гидроккарбонильные соединения железа и никеля образуются при контакте металла с промышленными газами, содержащими оксид углерода и водород. При этом реакции усиливаются за счет высокой активности образующихся газов и металлов. Дополнительно при высоких температурах допустимо присутствие металла в газообразном состоянии, что значительно усиливает реакции образования карбониллов, гидридкарбониллов и карбонилнитридных соединений  $\text{Fe}(\text{CO})_2(\text{NO})_2$ ,  $\text{Co}(\text{CO})_3\text{NO}$ .

Карбонилы металлов являются высокотоксичными веществами. Например токсичность карбонила никеля в пять раз выше токсичности оксида углерода. Токсичность карбониллов значительно усиливается при налии оксида углерода [4]. В практике известны случаи группового отравления до 10 человек со смертельным исходом. Еще более опасным являются гидридкарбонилы и нитридкарбонилы.

Металлический марганец расположен в четвертом ряду периодической системы Д.И. Менделеева и обладает значительным давлением пара, что вероятно способствует образованию легколетучих соединений, в частности карбониллов марганца и приводит к высокому угару данного металла. Для оценки рассматриваемых процессов необходимо применение термодинамических расчетов и сравнительных методов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гасик М.И. Теория и технология производства ферросплавов / М.И. Гасик, Н.П. Лякишев, Б.И. Емлин. – М.: Металлургия, 1988. – 783 с.
2. Рузинов Л.П. Равновесные превращения металлургических реакций / Л.П. Рузинов, Б.С. Гуляницкий – М.: Металлургия, 1975. – 415 с.
3. Жулин Н.В. О разрушении чугунных колоколов при электролизе алюминия / Н.В. Жулин, А.А. Комлев, А.П. Коробейников // Изв. вуз. Цветные металлы. – 1975. – № 1. – С. 12-14.
4. Бейлар Д.Ж. Химия координационных соединений / Д.Ж. Бейлар, Д. Буш. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 769 с.

УДК 621.746

А.В. Феоктистов, И.Ф. Селянин, С.А. Бедарев, А.В. Прохоренко,  
В.А. Марченко

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В ВАГРАНОЧНОЙ ПЛАВКЕ ЧУГУННОГО ЛОМА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ГИДРООКСИДА ЖЕЛЕЗА

В работе проведен сравнительный анализ эксплуатации вагранок в условиях ОАО «Универсал» при использовании в качестве железной составляющей шихты чугунного лома с повышенным содержанием ржавчины.

There are comparative analysis of cupolas exploitation in the ОАО «Universal» using scrap iron with higher content of rust for iron components of charge.

В качестве металлической шихты в ваграночной плавке большинства чугунолитейных цехов в условиях несовершенной рыночной экономики применяют металлолом чугуна и стали. Однако в ломе черных металлов всегда присутствует определенный процент нежелательных для технологии примесей.

Так на новокузнецком предприятии ОАО «Универсал», специализирующемся на производстве чугунных ванн, труб и другой сантехнической продукции лом чугуна поставляется с большим содержанием ржавчины  $Fe(OH)_2$  – гидрооксида железа. В цехе установлена вагранка  $\varnothing 1300$ мм, работающая на холодном дутье, оборудованная воздуходувкой В14/1400.

После перехода на некондиционированную шихту увеличился брак отливок по недоливам и по газоусадочной пористости. Для выяснения причин повышенного брака литья были проведены опытные плавки на шихте, состоящей только из чугунного лома (I – вариант) и только из чушковых чугунов (II – вариант). Состав шихты приведен в таблице 1.

Анализировали составы шихты и выплавляемого чугуна, температуру чугуна на выпуске, состав и температуру отходящих газов, жидкотекучесть чугуна по спиральной пробе.

Отбирались образцы шихты при каждой завалке и пробы выплавляемого чугуна при каждом выпуске. Химическим анализом определялось содержание Si, C, Mn, P, спектральным анализом содержание Fe, C, Si, Mn, P, S (таблица 2).

Таблица 1 – Составы шихты по I и II вариантам

Варианты шихтовки	Состав шихты, %	Содержание элементов в компонентах шихты				
		C	Si	Mn	P	S
I - вариант	Чугунный лом, 99,5 %	3,63	2,90	0,58	0,25	0,012
II - вариант	Чугун ПЛ, 70 %	3,95	0,82	0,60	0,27	0,015
	Чугун ЛК, 26 %	3,70	2,05	0,48	0,26	0,015
	ФС-45, 3,5 %	0,3	42,4	0,12	0,047	0,024
	Средний состав шихты	3,66	2,53	0,52	0,26	0,012

Таблица 2 – Средний химический состав выплавленных чугунов

Варианты шихтовки	Химический состав, %				
	C	Si	Mn	P	S
I - вариант	3,32	2,62	0,44	0,28	0,018
II - вариант	3,98	2,28	0,40	0,26	0,016

В состав шихты I и II – вариантов входило 0,5 % феррофосфора.

Расчет среднего содержания элементов в шихте велся по формуле

$$\bar{C}_i = \sum_{ij} \frac{y_i \cdot z_j}{100}, \text{ где } \bar{C}_i \text{ – среднее содержание } i \text{ – элемента в шихте, \%}; y_i \text{ –}$$

содержание  $i$  – элемента в  $j$  – компоненте шихте;  $z_j$  – содержание  $j$  – компонента в шихте.

По данным химанализа было установлено, что в конечных чугунах содержание углерода во всех пробах на 0,25 – 0,35 % меньше чем в чугуном ломе шихты по I – варианту (среднее значение 0,31 %) и на 0,21 – 0,42 % больше по II – варианту (среднее значение 0,32 %).

Для определения количества ржавчины на ломе чугуна отбирались навески по 10 кг, ржавчина удалялась металлическими щетками и вновь производилось взвешивание и процент ржавчины определялся по формуле

$$\% \text{ рж} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100, \text{ где } M_1, M_2 \text{ – масса навески до и после удаления}$$

ржавчины.

Процент ржавчины на кусках чугунного лома составил 3,1 – 3,8 %.

Состав отходящих газов приведен в таблице 3.

Температура отходящих газов составляла 450 – 700 °С в зависимости от времени замера после очередной загрузки металлошихты. Температура чугуна на выпуске находилась в пределах 1340 – 1360 °С.

Таблица 3 – Состав отходящих газов

Состав газов, %	I – вариант, № пробы				II – вариант, № пробы			
	1	2	3	4	1	2	3	4
CO <sub>2</sub>	11,4	10,2	12,1	11,8	11,8	10,0	11,6	9,5
CO	16,8	18,5	15,5	15,6	13,60	16,34	12,6	17,1
H <sub>2</sub>	0,1	0,15	0,1	0,1	-	-	-	-
O <sub>2</sub>	0,52	0,60	0,38	0,65	0,64	0,55	0,58	0,47

Жидкотекучесть чугунов, выплавленных на шихте I варианта всегда была ниже на 100 – 125мм жидкотекучести второго варианта выплавки (рисунок 1).

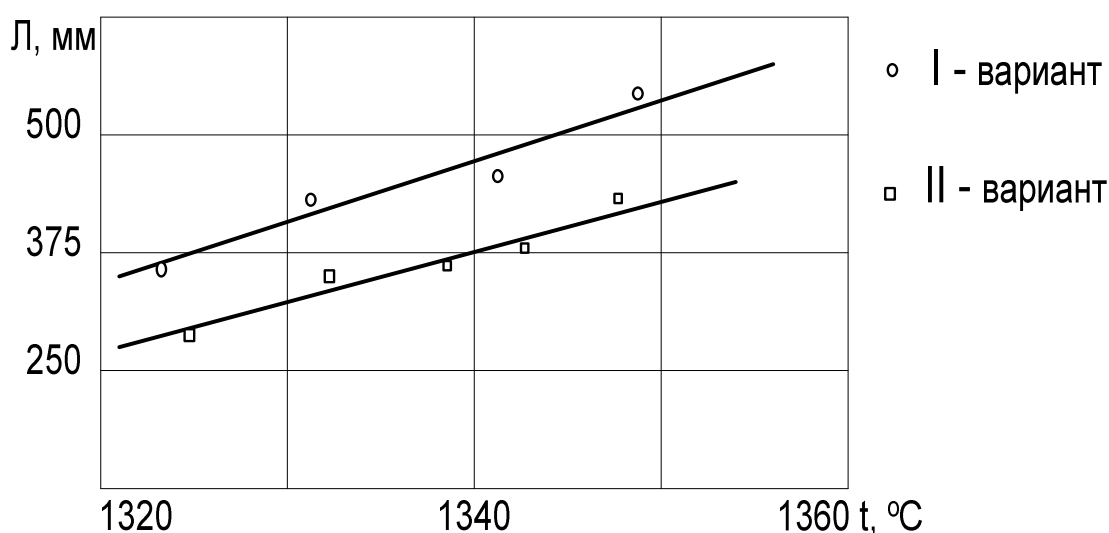


Рисунок 1 – Жидкотекучесть чугунов (Л, мм) в зависимости от температуры заливки, выплавленных по I и II вариантам шихтовки

Одновременно было отмечено более низкое содержание углерода в чугунах первого варианта выплавки. Поэтому был рассчитан углеродный эквивалент для жидкотекучести ( $C_{эж}$ ) по формуле [1]:

$$C_{эж} = C + 0,33Si + 0,5P \quad (1)$$

где  $C$ ,  $Si$ ,  $P$  – содержание углерода, кремния и фосфора в металле.

Углеродный эквивалент  $C_{эж}$  чугунов I – варианта оказался на 0,25 – 0,32 % ниже  $C_{эж}$  чугунов II – варианта приготовления. Из данных других исследований известно, что чем ниже углеродный эквивалент, определенный по формуле (1), тем ниже жидкотекучесть чугуна [1].

Как известно [2], углерод пригорает при ваграночной плавке, что было подтверждено результатами химанализа чугунов II – варианта: пригар составил в среднем 0,32 % C.

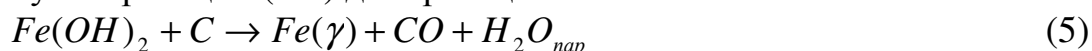
При плавке на сильнозагрязненной шихте, особенно гидрооксидом железа, в области холостой колоши последовательно идут реакции:



Затем идут последовательно реакции:



Сумма реакций (2-4) дает реакцию:



Таким образом, применение ржавого металлолома, в соответствии с реакцией 5, должно привести к увеличению содержания оксида углерода и появлению водорода в колошниковых газах.

Математический анализ состава отходящих газов показал, что основные компоненты ( $O_2^0, CO_2, CO, O_2$ ) связаны между собой соотношением [3]:

$$CO = \frac{2(O_2^0 - CO_2 - O_2)}{1 + 0,01O_2^0} \quad (6)$$

где  $O_2^0, O_2$  – содержание кислорода в дутье и отходящих газах.

Результаты расчета содержания CO по известным  $O_2^0, CO_2, O_2$  по уравнению (6) сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Состав газов по вариантам при  $O_2^0 = 20,9\%$

Состав газов, %	I – вариант, № пробы				II – вариант, № пробы			
	1	2	3	4	1	2	3	4
CO <sub>2</sub>	11,4	10,2	12,1	11,8	12,0	10,3	11,6	9,5
O <sub>2</sub>	0,52	0,60	0,38	0,65	0,64	0,55	0,58	18,04
CO	14,85	16,88	13,74	14,23	13,90	16,71	14,56	18,04
H <sub>2</sub>	0,1	0,15	0,1	0,1	-	-	-	-

Сравнение данных таблиц 3 и 4 показало, что по I – варианту экспериментальное содержание CO в колошниковых газах на 1,37 – 1,95 % больше, чем дает расчет по формуле (6) (таблица 4), что связано с протеканием реакции (5). По II – второму варианту шихтовки, наоборот, экспериментальное содержание CO в отходящих газах на 0,3 – 1,94 % меньше, чем расчетное значение по формуле (6) (таблица 3), что связано с частичным расходом кислорода на окисление марганца и кремния, всегда присутствующими в чугунах.

Реакция восстановления  $Fe(OH)_2$  идет на границе раздела чугуна-ржавчина, т.е. на поверхности куска чугуна за счет углерода чугуна, отсюда идет угар углерода из чугуна и уменьшение его содержания на выходе.

В соответствии с реакцией (6) можно произвести расчет массы вносимой металлошихтой ржавчины. На восстановление одного моля гидроксида железа требуется один моль углерода. Масса одного моля гидроксида железа и углерода составляет 90 и 12 кг соответственно. Тогда в 100 кг шихты ржавчины содержится  $\frac{0,31 \cdot 90}{12} = 2,325$  кг, где 0,31 – процент снижения углерода в чугуне по I – варианту шихтовки.

Экспериментальное значение составило 3,1 – 3,8 кг на 100 кг шихты или на 0,85 – 1,55 кг больше расчетного значения, что связано со способом очистки навесок чугуна металлическими щетками.

Таким образом, при расчете шихты ваграночной плавки необходимо учитывать содержание ржавчины в металлозавалке и связанный с этим угар углерода чугуна.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключнев Н.И. Литейные свойства чугуна / Н.И. Ключнев. – М: Машиностроение, 1968 – 132 с.
2. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гиршовича. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.
3. Селянин И.Ф. Ваграночный процесс с оптимальным распределением дутья по высоте зоны горения / И.Ф. Селянин, Г.Л. Маркс. – Новокузнецк: СибГИУ, 1997. – 240 с.

УДК 669.046.564:621.785

М.В. Темлянцев, О.Д. Олендаренко, Е.Н. Темлянцева

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОКИСЛЕНИЯ И ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ НАГРЕВЕ ПОД ПРОКАТКУ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния защитных покрытий различного состава на кинетику высокотемпературного окисления и обезуглероживания рельсовой стали Э76Ф.

In the article the outcomes of experimental researches of influence of protective coatings of a various structure on a kinetics of high-temperature oxidation and decarbonizations of rail steel are shown.

Работа выполнена по гранту Губернатора Кемеровской области для поддержки молодых ученых-докторов наук

Одним из способов защиты стали от окисления и обезуглероживания при нагреве в печах перед прокаткой является применение защитных покрытий [1, 2]. Этот способ основан на формировании на поверхности металла покрытия, снижающего интенсивность диффузионных процессов взаимодействия железа и углерода стали с окислительной атмосферой печи.

Окисление и обезуглероживание непрерывнолитых заготовок (НЛЗ) при нагреве в методических печах перед прокаткой оказывает существенное влияние на себестоимость и качество получаемых рельсов. Продолжительность нагрева НЛЗ поперечным сечением 300×330 мм достигает 3,5 – 4,0 ч. При таком значительном времени нагрева потери металла от угара могут достигать 1,0 – 1,6 % [3], что при длине НЛЗ 4,0 – 4,6 м соответствует потере порядка 50 – 55 кг металла с одной заготовки. В пересчете на длину заготовки эти потери соответствуют укорачиванию НЛЗ на 60 – 70 мм, а рельсового профиля Р65 на 770 – 880 мм. В случае снижения угара стали на 0,6 % (т.е. с 1,6 до 1,0 %) экономия металла, эквивалентная длине НЛЗ и рельсового профиля Р65 составит примерно 20 – 25 мм и 270 – 300 мм соответственно. В связи с этим разработка мероприятий, направленных на экономию металла за счет снижения угара стали при нагреве в печи, является актуальной задачей.

В работе проведены исследования по разработке составов защитных покрытий и их влиянию на интенсивность процессов окисления и обезуглероживания рельсовой стали Э76Ф. При выборе компонентов состава покрытий основным ориентиром были приняты отходы производства. В качестве заполнителя – лом и бой, широко используемых в сталеплавильном производстве, периклазовых и периклазоуглеродистых огнеупорных изделий, связки – водная керамическая вяжущая суспензия (ВКВС) кремнеземистого состава [4]. Покрытие представляет собой смесь заполнителя и ВКВС. ВКВС добавляют в количестве 0,25 – 0,45 мл/кг молотого лома периклазовых огнеупоров, для придания смеси необходимой для нанесения покрытия консистенции и свойств. Для исследования влияния крупности заполнителя проведена серия экспериментов с заполнителями фракции менее 1,5 – 2,0 мм и менее 0,15 мм. Для исследования влияния углерода (графита), содержащегося в периклазоуглеродистых огнеупорах проведена серия экспериментов, в которых графит вводили в состав покрытия в количестве 5 и 10 мас. %.

Покрытия наносили на образцы рельсовой стали Э76Ф поперечным сечением 10×10×30 мм. После нанесения покрытия на образцы их высушивали при температуре 40 – 60 °С. Толщина покрытия для крупнозернистого заполнителя не превышала 1,5 – 2 мм, для мелкозернистого – 1 мм. Нагрев образцов проводили в электрической печи сопротивления СУОЛ-0,25.1/12,5-И1 с нагревателями из карбида кремния в атмосфере воздуха. Образцы нагревали до температур 1050, 1150 и 1250 °С и выдерживали при постоянной температуре в течение 60 мин. Температуру образца измеряли хромель-алюмелевой термопарой и многоканальным программным регулятором температур «Термодат 19Е2». Угар стали определяли гравиметрическим методом по потере массы образца. Глубину видимого обезуглероженного слоя определяли с помощью металлографического метода.

На рисунке 1 представлены зависимости угара рельсовой стали Э76Ф от температуры выдержки и содержания графита для крупнозернистого и мелкозернистого заполнителей. Применение покрытий с использованием как крупнозернистого, так и мелкозернистого заполнителей обеспечивает снижение угара стали на 20 – 40 %.

Для покрытий с крупнозернистым заполнителем содержание графита существенного эффекта на интенсивность угара не оказывает. При увеличении содержания графита более 5 % наблюдается незначительный рост (порядка 5 %) угара.

Для мелкозернистого покрытия без графита характерны более высокие защитные свойства по сравнению с крупнозернистым покрытием. Это связано с более компактной укладкой частиц огнеупорного наполнителя, как следствием снижением пористости и повышением защитных свойств покрытия. Увеличение содержания графита свыше 2 – 4 % в мелкозерни-



стом покрытия сопровождается ростом угара на 10 – 15 %, причем этот эффект наиболее выражен при температурах более 1150 °С. Подобное влияние графита вызвано его полным выгоранием в процессе нагрева и образованием более пористой структуры покрытия. Анализ продуктов взаимодействия окалины и покрытия после нагрева показал, что углерод в их составе полностью отсутствует.

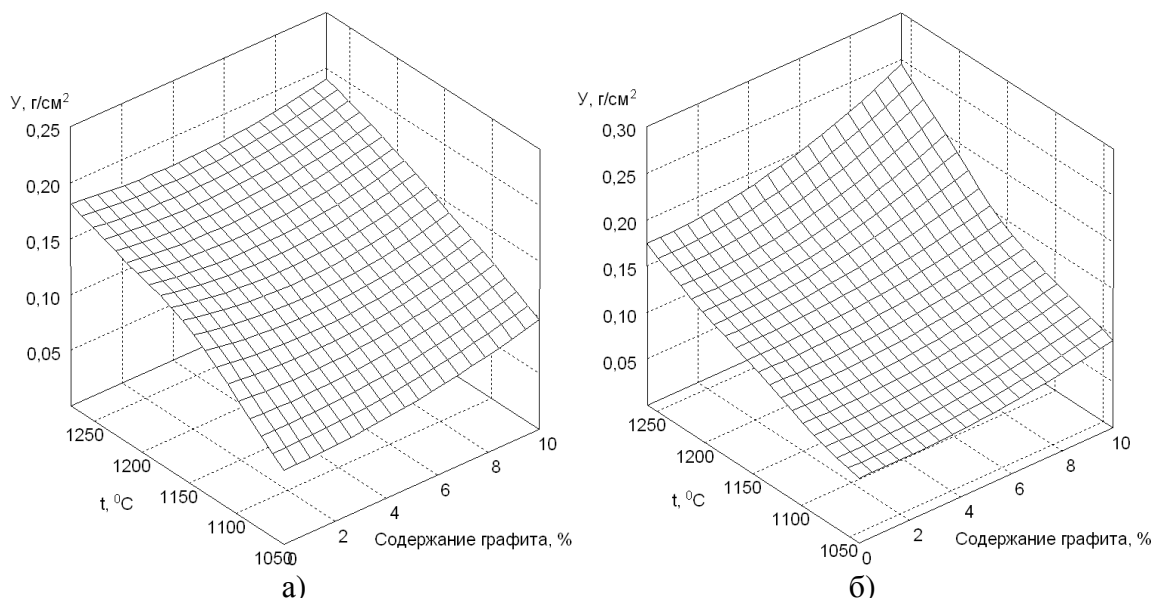


Рисунок 1 – Зависимости угара рельсовой стали Э76Ф от температуры выдержки и содержания графита в покрытии при использовании крупнозернистого (а) и мелкозернистого периклазовых заполнителей (б)

Нанесение разработанных составов покрытий возможно посредством их напыления с применением сжатого воздуха. В этом случае использование крупнозернистого наполнителя не рекомендуется, поскольку при напылении покрытия с частицами крупностью 1 – 2 мм, обладающими относительно высокой кинетической энергией, будет высока доля потерь материала покрытия вследствие отскока [5]. В связи с этим для дальнейших исследований было выбрано покрытие на основе мелкозернистого наполнителя.

Зависимость угара  $U$  стали от температуры  $T$ , К и времени  $\tau$ , мин выдержки подчиняется следующим уравнениям:

$$U = k\sqrt{\tau}, \text{ г/см}^2; \quad (1)$$

$$k = k_0 \exp(-B/T), \text{ г/(см}^2 \cdot \text{мин}^{0,5}), \quad (2)$$

где  $k_0$  и  $B$  – коэффициенты зависящие от марки стали, состава атмосферы и других факторов.

Применение покрытий изменяет интенсивность диффузионных процессов, а соответственно и величину коэффициентов  $k_0$  и  $B$  в уравнениях (1), (2). Для осуществления прогнозных расчетов угара стали с покрытиями на основе статистической обработки экспериментальных данных полу-

чены значения коэффициентов, которые представлены в таблице. На рисунке 2 представлены зависимости логарифма коэффициента  $k_0$  от отношения  $1/T$  при окислении стали марки Э76Ф без покрытия и с покрытиями различного состава.

Таблица – Значения коэффициентов соотношения (2) для покрытий с мелкодисперсным наполнителем на основе периклаза и различным содержанием графита

№	Содержание графита, %	$k_0$ , г/(см <sup>2</sup> ·мин <sup>0,5</sup> )	$B$ , К
1	0	1,90	6877,5
2	5	1,97	6845,0
3	10	9,49	8805,0

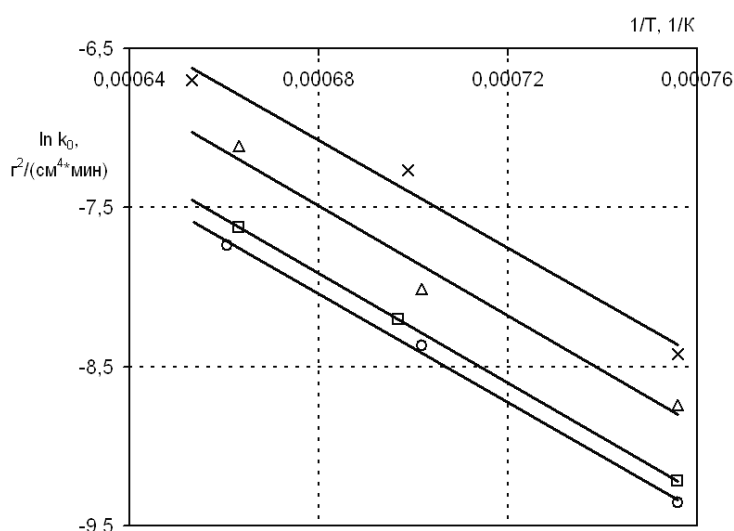


Рисунок 2 – Зависимости логарифма коэффициента  $k_0$  от отношения  $1/T$  при окислении стали марки Э76Ф без покрытия (×), с покрытием на основе периклаза без графита (○), с добавкой 5 (□) и 10 (Δ) % графита

На рисунке 3 представлена зависимость глубины  $\delta$  видимого обезуглероженного слоя от температуры выдержки и содержания графита в покрытии. Средняя глубина видимого обезуглероженного слоя в образцах, нагретых без покрытия при температурах 1050, 1150 и 1250 °С составляет 0,5, 0,77, 1,08 мм соответственно. Из рисунка 3 видно, что применение покрытий в целом приводит к снижению глубины видимого обезуглероженного слоя, причем наименьшая его величина наблюдается при применении покрытий без графита. Увеличение содержания графита до 10 % приводит к росту обезуглероживания фактически до значений, наблюдаемых в образцах без покрытия. Из результатов экспериментов по изучению обезуглероживания образцов следует, что покрытия снижают не только интенсивность диффузионных процессов окисления, но и обезуглероживания, поскольку, при одинаковых скоростях обезуглероживания в образцах с покрытиями и без них, снижение интенсивности окисления приводило бы к

росту глубины видимого обезуглероженного слоя в образцах с покрытиями вследствие меньшего поглощения этого слоя окалиной.

На основе результатов проведенных экспериментов для промышленного применения можно рекомендовать мелкозернистые покрытия на основе периклаза с минимальным содержанием углерода.

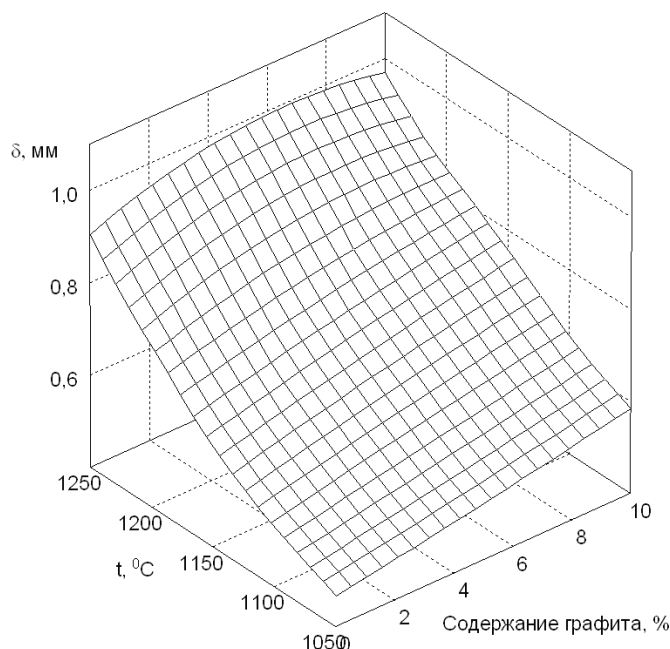


Рисунок 3 – Зависимость глубины видимого обезуглероженного слоя от температуры выдержки и содержания графита в мелкозернистом покрытии на основе периклаза

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солнцев С.С. Защитные покрытия металлов при нагреве / С.С. Солнцев, А.Т. Туманов. – М.: Машиностроение. 1976. – 240 с.
2. Темлянцев М.В. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением / М.В. Темлянцев, Ю.Е. Михайленко. – М.: Теплотехник, 2006. – 200 с.
3. Перспективные технологии тепловой и термической обработки в производстве рельсов / В.В. Павлов, М.В. Темлянцев, Л.В. Корнева, А.Ю. Сюсюкин. – М.: Теплотехник, 2007. – 280 с.
4. Рециклинг твердых отходов в металлургии / К.А. Черепанов, С.М. Абрамович, М.В. Темлянцев, Е.Н. Темлянцева. – М.: Флинта: Наука, 2004. – 212 с.
5. Бобров Г.В. Нанесение неорганических покрытий (теория, технология, оборудование) / Г.В. Бобров, А.А. Ильин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2004. – 624 с.

УДК 621.77

В.И. Базайкин, В.П. Симаков, В.Я. Чинокалов, О.Ю. Ефимов  
ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк

## ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ И УСИЛИЙ НА ТОРЦЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ВАЛКА СТАНА 450 ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДВУТАВРОВ

Построена кусочно-линейная модель формоизменения материала в очаге деформации при образовании полки двутавровой балки в процессе её производства, получены однородные поля напряжений и конечных деформаций, даны оценки нормальных и касательных усилий.

The piece-linear model of shaping a material at deformation site is constructed at formation of a shelf of the flange beams during its manufacture, homogeneous fields of pressure and final deformations are received, estimations normal and tangents of efforts are given.

Рассматривается напряжённо-деформированное состояние тела заготовки в процессе обработки в клетях линии производства балок двутаврового сечения в условиях ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат». Напряжения на контакте валок – заготовка одни и те же как для заготовки, так и для валка, деформированные состояния валка и заготовки различны. Определив напряжения на поверхности контакта, можно найти нормальное и касательное напряжения на торцевой поверхности валка, а также нормальные к торцу валка и касательные к нему усилия. Касательные усилия ответственны за истирание торцевой поверхности валка. Оценка конечных деформаций по калибрам даёт возможность оптимизировать количество переходов в технологической линии.

Теоретическое построение поля тензора напряжений в материале заготовки при прокатке калиброванных профилей до сих пор не производилось ввиду сложности деформирования заготовки. Исследования подобного рода требуют трёхмерного описания напряжений и деформаций.

В данной работе представлена кусочно-линейная модель деформирования заготовки. Линейность модели деформирования исключает применение определяющих соотношений теории течения [1] для перехода к описанию напряжённого состояния. Поэтому используется деформационная теория, основанная на пропорциональности тензора-девиатора напряжений и тензора-девиатора Альманси конечных деформаций [2].

## 1. Формоизменение материала

На рисунке 1 представлена геометрия деформирования заготовки в привязке к декартовой системе координат. Изображена половина заготовки, в силу симметрии анализируется четверть очага деформации. Окружность контакта валок-заготовка в сечении XY заменяется отрезком прямой. Очаг деформации за один проход разбивается на 2 части, формирующие стенку и полку двутавра. Деформирование каждой части описывается своим линейным отображением  $F$ , оба отображения должны быть «сшиты» на границе частей. Нас интересует часть очага деформации, формирующая полку, находящаяся между горизонтальным и вертикальным валками. Обозначим  $X, Y, Z$  – материальные (до деформации),  $x, y, s$  – актуальные (после деформации) координаты [3] одной и той же материальной точки. Принят глобальный декартовый базис.

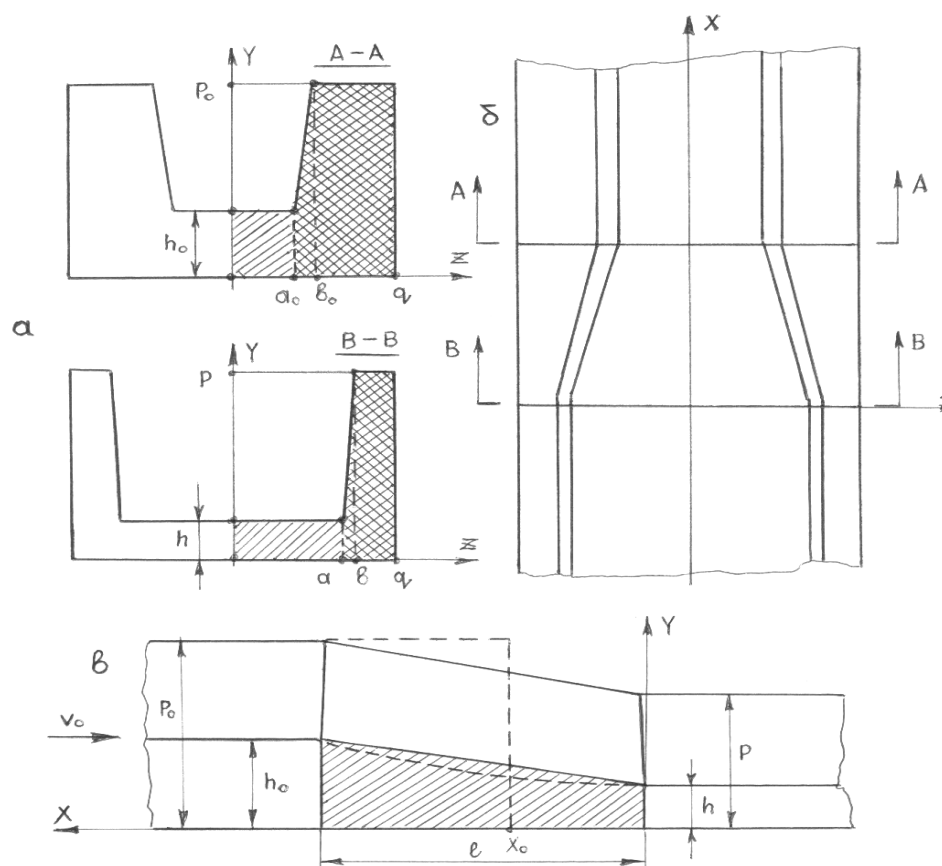


Рисунок 1 – Геометрия линейной модели деформирования полки двутавра в привязке к декартовой системе координат;  
 а – поперечные сечения двутавра до и после деформации,  
 б – очаг деформации в плане,  
 в – продольное сечение очага деформации.

Деформирующее отображение должно иметь вид:

$$F : \begin{cases} x = f_{11}X + f_{12}Y + f_{13}Z, \\ y = f_{21}X + f_{22}Y + f_{23}Z, \\ s = f_{31}X + f_{32}Y + f_{33}Z. \end{cases} \quad (1)$$

Коэффициенты  $f_{ij}$  отображения можно найти из задания перемещения в процессе деформации трёх материальных точек (рисунок 1):

$$\begin{aligned} \text{точка 1 } (l, h_0, a_0) &\rightarrow (0, h, a), & \text{точка 2 } (l, p_0, b_0) &\rightarrow (0, p, b), \\ & & \text{точка 3 } (l, 0, q_0) &\rightarrow (d, 0, q). \end{aligned}$$

Координаты точек являются геометрическими параметрами по переходам, за исключением параметра  $d$ , значение которого должно находиться из условия локальной несжимаемости материала заготовки.

Подставляя координаты этих точек в отображение (1), получаем систему 9 уравнений для нахождения 9 коэффициентов  $f_{ij}$ :

$$\begin{cases} 0 = f_{11}l + f_{12}h_0 + f_{13}a_0, & 0 = f_{11}l + f_{12}p_0 + f_{13}b_0, & d = f_{11}l + f_{12}0 + f_{13}q_0, \\ h = f_{21}l + f_{22}h_0 + f_{23}a_0, & p = f_{21}l + f_{22}p_0 + f_{23}b_0, & 0 = f_{21}l + f_{22}0 + f_{23}q_0, \\ a = f_{31}l + f_{32}h_0 + f_{33}a_0; & b = f_{31}l + f_{32}p_0 + f_{33}b_0; & q = f_{31}l + f_{32}0 + f_{33}q_0. \end{cases}$$

Нетрудно получить решение этой системы:

$$f_{11} = \frac{a_0 p_0 d - h p_0 d}{h q_0 (a_0 - b_0) + (a_0 p_0 - h_0 b_0)(a_0 - q_0)} \cdot \frac{a_0}{l}, \quad f_{12} = \frac{l(a_0 - q_0)}{h q_0} \cdot f_{11} - \frac{a_0 d}{h q_0}, \quad f_{13} = -\frac{l}{a_0} f_{11} - \frac{h_0}{a_0} f_{12},$$

$$f_{21} = \frac{h p_0 q_0}{l h_0 q_0 + h p_0 q_0 + l p_0 (q_0 - a_0) - l h_0 b_0}, \quad f_{22} = \frac{h}{h_0} - \frac{l(q_0 - a_0)}{h_0 q_0} \cdot f_{21}, \quad f_{23} = -\frac{l}{q_0} \cdot f_{21};$$

$$f_{31} = \frac{b h_0 q_0 - a p_0 q_0 + a_0 p_0 q - q b_0 h_0}{l [h_0 (q_0 - b_0) - p_0 (q_0 - a_0)]}, \quad f_{32} = \frac{a q_0 - a_0 q}{h_0 q_0} - \frac{l q_0 - a_0 l}{h_0 q_0} \cdot f_{31}, \quad f_{33} = \frac{q}{q_0} - \frac{l}{q_0} \cdot f_{31}.$$

Согласно условию локальной несжимаемости материала заготовки определитель матрицы (F) должен быть равен нулю. При вычислении коэффициентов  $f_{11}$ ,  $f_{12}$ ,  $f_{13}$  по значениям параметров формоизменения параметр  $d$  окажется множителем. Вынося его за знак определителя и обозначая  $f_{11}^0, f_{12}^0, f_{13}^0$ , числовые множители коэффициентов, получаем формулу для вычисления  $d$ :

$$d = 1 / \begin{vmatrix} f_{11}^0 & f_{12}^0 & f_{13}^0 \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{vmatrix}.$$

Матрица тензора Альманси E конечных деформаций имеет вид:

$$(E) = \frac{1}{2}((I) - (F)^{-1T}(F)^{-1}) = \begin{pmatrix} e_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \frac{1}{2}\gamma_{xs} \\ \frac{1}{2}\gamma_{xy} & e_y & \frac{1}{2}\gamma_{ys} \\ \frac{1}{2}\gamma_{xs} & \frac{1}{2}\gamma_{ys} & e_s \end{pmatrix}.$$

В качестве примера рассмотрим формоизменение заготовки под балку М155 за один проход, объединяющий переходы с 5-го по 7 калибр. Значения геометрических параметров в мм:

$$a_0 = 45, \quad b_0 = 68, \quad h_0 = 10, \quad p_0 = 57, \quad q_0 = 85, \\ a = 55, \quad b = 70, \quad h = 7, \quad p = 46, \quad q = 80.$$

Исходя из диаметра бочки валка  $D = 880$  мм, был определён размер  $l = 51$  мм. Материал заготовки – сталь 3пс, при температуре  $T = 1000$  °С предел текучести равен 14 МПа (по данным отчёта лаборатории термообработки ОАО «ЗСМК» по НИР «Освоение высокотемпературной установки типа ИМШ-20-75», 1991 г.).

Имеем:

$$(F) = \begin{pmatrix} -0.021d & -0.005 & 0.024 \\ -0.546 & 1.985 & 0.321 \\ 0.532 & 0.012 & 0.628 \end{pmatrix}, \quad d = -18.286 \text{ мм}.$$

Отсюда:

$$F: \begin{cases} x = 0.386X + 0.086Y - 0.448Z, \\ y = -0.546X + 1.985Y + 0.321Z, \\ s = 0.532X + 0.012Y + 0.628Z. \end{cases}$$

Нетрудно получить:

$$(E) = \frac{1}{2}((I) - (F)^{-1T}(F)^{-1}) = \begin{pmatrix} -0.970 & -0.065 & -0.168 \\ -0.065 & 0.382 & -0.019 \\ -0.168 & -0.019 & -0.258 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Поле тензора деформаций также постоянно, то есть деформация в очаге однородна. Это – естественное следствие линейности модели формоизменения. Однако даже такое упрощение позволяет по виду (3) сделать ряд заключений. Почти все компоненты деформации – сжимающие. Наиболее развито сжатие вдоль оси X (97 % по абсолютной величине) – оси

прокатки. По ширине полки (вдоль оси Y) наблюдаются растягивающие деформации (38, 2 %). Деформации сдвига незначительны.

В дальнейшем понадобится интенсивность деформаций сдвига  $\Gamma$  – энергетическая характеристика деформирования. Как известно [4], она находится по формуле:

$$\Gamma = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \sqrt{(e_x - e_y)^2 + (e_y - e_s)^2 + (e_s - e_x)^2 + \frac{3}{2}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{ys}^2 + \gamma_{sy}^2)}},$$

в рассматриваемом примере  $\Gamma = 2,1$ .

## 2. Напряжения и усилия

Калибровка заготовки производится при высоких температурах (700 °С – 1100 °С), поэтому материал заготовки обладает выраженной пластичностью [5]. Ввиду малых размеров сечения заготовки и её быстрой прогреваемости можно пренебречь температурными напряжениями. Следовательно, можно использовать положения деформационной теории, задающей определяющее соотношение идеально пластического материала в виде прямой пропорциональности девиатора  $D_e$  тензора Альманси  $E$  и девиатора  $D_\sigma$  тензора напряжений  $\Sigma$ :

$$D_\sigma = \frac{2\tau_0}{\Gamma} \cdot D_e, \quad (4)$$

в (4) коэффициент  $\tau_0$  – предел текучести материала при сдвиге,

$$\tau_0 = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}}.$$

Зная предел текучести при одноосном растяжении  $\sigma_T = 14$  МПа, находим  $\tau_0 = 8,1$  МПа. Представляя тензор  $\Sigma$  покомпонентно, перепишем (4) в полном виде:

$$\begin{pmatrix} \sigma_x - \sigma & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y - \sigma & \tau_{ys} \\ \tau_{xz} & \tau_{ys} & \sigma_s - \sigma \end{pmatrix} = \frac{2\tau_0}{\Gamma} \begin{pmatrix} e_x - e & \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \frac{1}{2}\gamma_{xs} \\ \frac{1}{2}\gamma_{xy} & e_y - e & \frac{1}{2}\gamma_{ys} \\ \frac{1}{2}\gamma_{xs} & \frac{1}{2}\gamma_{ys} & e_s - e \end{pmatrix},$$

где  $\sigma, e$  – первые инварианты соответствующих тензоров,

$$\sigma = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_s), \quad e = \frac{1}{3}(e_x + e_y + e_s).$$

Переписывая соотношение (5) покомпонентно, получим совокупность уравнений, определяющих компоненты тензора напряжений:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sigma + 0.738\tau_0, & \tau_{xy} &= -0.458\tau_0, \\ \sigma_y &= \sigma + 0.171\tau_0, & \tau_{xs} &= -0.537\tau_0, \\ \sigma_s &= \sigma + 0.567\tau_0, & \tau_{ys} &= -0.237\tau_0. \end{aligned}$$



Неопределённым остаётся значение  $\sigma$ . Найдём  $\sigma$ , исходя из следующих соображений. Переход в пластическое состояние материала полки балки на контакте с торцом горизонтального вала возможен только при условии, что напряжение  $\sigma_s$ , почти нормальное к контакту, будет сжимающим и примет значение, равное пределу текучести:

$$\sigma_s = \sigma + 0.567\tau_0 = -\sigma_T,$$

откуда находим:

$$\sigma = -2,23\tau_0, \quad \sigma_x = -2,99\tau_0, \quad \sigma_y = -2,06\tau_0, \quad \sigma_s = -1,66\tau_0.$$

В результате получаем тензор напряжений, действующий в каждой точке деформируемого объёма (значения напряжений в МПа):

$$(\Sigma) = \begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{ys} \\ \tau_{xz} & \tau_{ys} & \sigma_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -19.48 & -0.05 & -1.30 \\ -0.05 & -9.08 & -0.01 \\ -1.30 & -0.01 & -14.00 \end{pmatrix}.$$

Заметим, что все нормальные к координатным площадкам напряжения – сжимающие, наибольшее по абсолютной величине – в направлении оси X, наименьшее – в направлении оси Y.

Используя матричные функции `eigenvals` и `eigenvecs` пакета Mathcad, находим главные напряжения (собственные значения матрицы  $\Sigma$ ) и главные направления тензора напряжений (собственные векторы матрицы  $\Sigma$ ):

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= -19.80 \text{ МПа}, & \sigma_1/\tau_0 &= -2.45, & \vec{n}_1 &= (-0.975, -0.048, -0.219), \\ \sigma_2 &= -9.05 \text{ МПа}, & \sigma_2/\tau_0 &= -1.12, & \vec{n}_2 &= (0.046, -0.999, 0.017), \\ \sigma_3 &= -13.71 \text{ МПа}, & \sigma_3/\tau_0 &= -1.70, & \vec{n}_3 &= (-0.220, 0.001, 0.976). \end{aligned}$$

Как видно, главные напряжения близки к диагональным компонентам тензора напряжений, а главные направления близки к координатным осям. Наиболее близко (к оси Y) направление напряжения  $\sigma_y$ , что свидетельствует о правильности методики определения инварианта  $\sigma$ .

Определим нормальное и касательное усилия, действующие на торец вала. Для этого найдём вектор единичной нормали к поверхности контакта, представив контакт пространственным четырёхугольником, состоящим из двух плоских треугольников (эта конструкция даёт линейную модель неплоского в действительности контакта, рисунок 2). Грань зададим четырьмя точками, по которым образуем векторы

$$\langle 1,2 \rangle, \langle 1,3 \rangle, \langle 4,2 \rangle, \langle 4,3 \rangle,$$

соединяющие эти точки. Векторные произведения  $\langle 12 \rangle \times \langle 13 \rangle$ ,  $\langle 42 \rangle \times \langle 43 \rangle$  перпендикулярны к плоскостям треугольников, половины их длин являются площадями треугольников. В результате получаем единичные векторы нормалей  $\vec{n}_{123}$ ,  $\vec{n}_{423}$  к треугольникам и их площади  $S_{123}$ ,  $S_{423}$ .

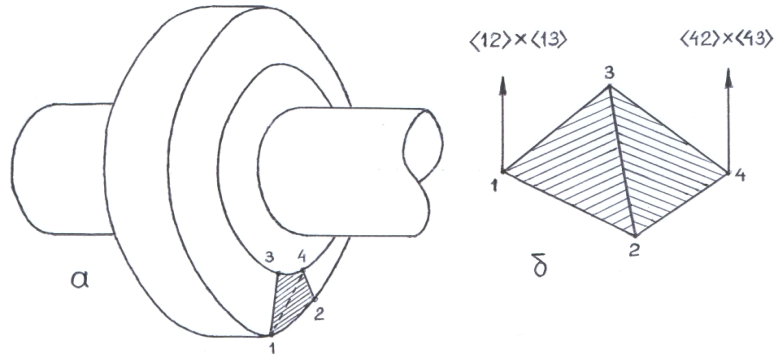


Рисунок 2 – Моделирование зоны контакта валок-заготовка;  
а – действительный контакт, б – его кусочно-линейная модель

Нетрудно найти векторы напряжений, действующих на единичных площадках в плоскостях треугольников, и разложить их на нормальные  $\sigma_n$  и касательные  $\tau_n$  составляющие.

Тогда нормальное  $N$  и касательное  $Q$  усилия, действующие на торец валка, находятся:

$$N = (\sigma_n)_{123} \cdot s_{123} + (\sigma_n)_{423} \cdot s_{423} = 31.76 \text{ кН} = 3.24 \text{ тс},$$

$$Q = (\tau_n)_{123} \cdot s_{123} + (\tau_n)_{423} \cdot s_{423} = 6.55 \text{ кН} = 0.68 \text{ тс}.$$

Усилия, действующие на валок (нормальное и касательное, в тс), возрастают с возрастанием исходной полутолщины до деформации  $h_0$  (рисунок 3).

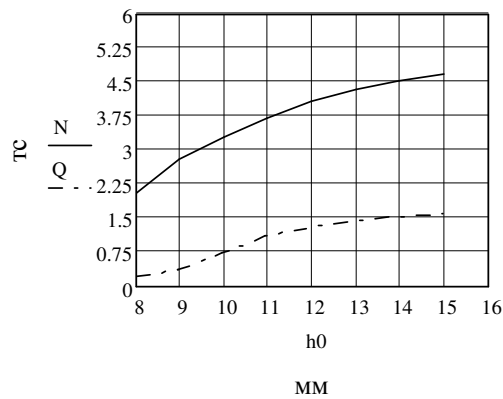


Рисунок 3 – Зависимости нормального  $N$  и касательного  $Q$  усилий от полутолщины двутавра до деформации при неизменности её толщины после деформации

### 3. Выводы

В очаге деформации в направлении оси прокатки возникают большие сжимающие деформации. Деформации в том же направлении в стенке двутавра значительно меньше. Возникает опасность разрыва материала на границе полка-стенка.

Основное напряжённое состояние в полке – всестороннее сжатие с удельным давлением, превышающим предел текучести. Дополнительное напряжённое состояние, обусловленное девиатором напряжений, разгружает сжатие в направлении, поперечном оси прокатки.

Касательные напряжения на контактной поверхности незначительны, однако касательное усилие создаёт на валке тормозящий момент, который необходимо учитывать при расчёте мощности привода валков.

Разработанная методика оценки деформаций и напряжений позволяет рекомендовать объединение некоторых последовательных проходов заготовки одним калибром.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аркулис Г.Э. Теория пластичности / Г.Э. Аркулис, В.Г. Дорогобид // М.: Металлургия, 1987. – 351 с.
2. Колтунов М.А. Прикладная механика деформируемого твёрдого тела / М.А. Колтунов, А.С. Кравчук, В.П. Майборода // М.: Высшая школа, 1983. – 348 с.
3. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред / К. Трусделл. – М.: Мир, 1975. – 592 с.
4. Качанов Л.М. Основы теории пластичности / Л.М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
5. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 422 с.

УДК 621.771.

Е.О. Казырский, М.В. Филиппова\*

ОАО «Запсибметкомбинат», г. Новокузнецк

\*ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОКАТНОГО СТАНА И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ

Предложена математическая модель непрерывного прокатного стана и на ее основе изучены некоторые свойства процесса непрерывной прокатки.

The mathematical model of continual rolling mill is presented and some properties of unbroken rolling process are studied on its basis.

Для построения математической модели многоклетьевого непрерывного стана записали для клеток каждого межклетевого промежутка  $n$ -клетевой непрерывной группы стана условие постоянства секундного объема металла при прокатке и получили систему уравнений:

$$V_{i-1} \cdot h_{i-1} \cdot b_{i-1} = V_i \cdot h_i \cdot b_i \quad (1)$$

где:  $V_i$ ,  $h_i$ ,  $b_i$  – скорость, высота и ширина полосы на выходе из очага деформации  $i$ -той клетки.

Скорость на выходе из клетки с учетом опережения приняли по известной формуле Дрездена:

$$V_{li} = V_{i \text{ валков}} \cdot \left( 1 + \frac{R_i \cdot \gamma_i^2}{h_{li}} \right) \quad (2)$$

где  $V_{i \text{ валков}}$  – окружная скорость валков клетки  $i$ .

Зависимость уширения от натяжения приняли по в полученной ранее формуле [1]. С учетом полученной нами ранее зависимости нейтрального угла от натяжения [1] записали:

$$\Delta b_i = R_i \left( \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\Delta h_i}{R_i}} - \frac{1}{2f} \cdot \frac{h_{li}}{R_i} \cdot \ln \frac{h_{0i}}{h_{li}} - \frac{\sigma_{задн i}}{4 \cdot f \cdot \sigma_{ги}} \cdot \frac{h_{li}}{R_i} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\Delta h_i \cdot Y_{max i}}{4 \cdot b_{0i} \cdot h_{li}} \right) \cdot \ln \frac{h_{0i}}{h_{li}} \quad (3)$$

Связь нейтрального угла с натяжением определили по формуле [1]:

$$\gamma = \left( \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\Delta h}{R}} - \frac{1}{2f} \cdot \frac{h_1}{R} \cdot \ln \frac{h_0}{h_1} - \frac{\sigma_{задн}}{4 \cdot f \cdot \sigma_3} \cdot \frac{h_1}{R} \right) \cdot K(h_1, \Delta h, R, b_0, \alpha_0) \quad (4)$$

Подставляя уравнения (2), (3) и (4) в систему уравнений (1) записанную для пяти клеток непрерывной группы стана, получили систему нелинейных уравнений (5):

$$\begin{aligned}
& i = 3 \dots N; \quad N - \text{количество клеток} \\
& h_{11} \cdot b_{11} \cdot V_{B1} \cdot \left( 1 + \frac{R_1 \cdot [(A_1) \cdot K_1]^2}{h_{11}} \right) = \\
& h_{12} \cdot b_{12} \cdot V_{B2} \cdot \left( 1 + \frac{R_2 \cdot \left[ \left( A_2 - \frac{\sigma_{задн2} \cdot h_{12}}{4 \cdot f \cdot \sigma_{\tau 2}} \right) \cdot K_2 \right]^2}{h_{12}} \right) \\
& h_{li-1} \cdot b_{li-1} \cdot V_{B_{i-1}} \cdot \left( 1 + \frac{R_{i-1} \cdot \left[ \left( A_{i-1} - \frac{\sigma_{задн i-1} \cdot h_{li-1}}{4 \cdot f \cdot \sigma_{\tau i-1}} \right) \cdot K_{i-1} \right]^2}{h_{li-1}} \right) = \\
& h_{li} \cdot b_{li} \cdot V_{B_i} \cdot \left( 1 + \frac{R_i \cdot \left[ \left( A_i - \frac{\sigma_{задн i} \cdot h_{li}}{4 \cdot f \cdot \sigma_{\tau i}} \right) \cdot K_i \right]^2}{h_{li}} \right)
\end{aligned}$$

где  $i = 1 \dots N$ ;  $N$  – количество клеток;

$$\Delta b_i = R_i \left( \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\Delta h_i}{R_i}} - \frac{1}{2f} \cdot \frac{h_{li}}{R_i} \cdot \ln \frac{h_{0i}}{h_{li}} - \frac{\sigma_{задн i} \cdot h_{li}}{4 \cdot f \cdot \sigma_{\tau i} \cdot R_i} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\Delta h_i \cdot Y_{\max i}}{4 \cdot b_{0i} \cdot h_{li}} \right) \cdot \ln \frac{h_{0i}}{h_{li}} \quad (5)$$

$i = 2 \dots N$ ;  $N$  – количество клеток

$$b_{11} = b_{01} + \Delta b_1;$$

$$b_{li} = b_{0i} + \Delta b_i;$$

$$b_{0i} = b_{1_{i-1}}$$

Здесь для краткости записи принято:

$$A_i = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\Delta h_i}{R_i}} - \frac{1}{2f} \cdot \frac{h_{li}}{R_i} \cdot \ln \frac{h_{0i}}{h_{li}}; \quad K_i = 1 + \frac{\Delta h_i \cdot Y_{\max i}}{4 \cdot b_{0i} \cdot h_{li}};$$

$b_{1i}$ ,  $h_{1i}$ ,  $v_i$ ,  $\sigma_{задн i}$  – ширина и высота и скорость полосы на выходе из клетки  $i$ , заднее натяжение в межклетевом промежутке ( $i$ ,  $i+1$ ) клеток.  $b_{0i}$ ,  $h_{0i}$  – ширина и высота полосы на входе в клетку  $i$ .

Ширину полосы на выходе из чистовой клетки непрерывной группы под воздействием кинематического рассогласования в межклетевом промежутке получим из решения вышеприведенной системы уравнений.

В процессе решения сначала мы определяем по заданному скоростному режиму, рассчитанному с учетом введенного кинематического рассогласования натяжения, действующие в межклетевых промежутках, затем

по определяем уширение в каждой клетке, с учетом действия межклеточного натяжения.

Ширину полосы в  $i$ -той клетке находим путем суммирования ширины полосы  $B_i$  на входе в клетку и уширения. При построении модели прокатки в непрерывной группе стана, ввиду значительной жесткости клетей, пренебрегаем влиянием натяжения на высоту полосы. При первом решении системы (5) размеры полос рассчитывали при нулевом значении натяжения. В результате первого решения получили значения межклеточных натяжений отличные от нулевого значения. Однако в результате действия натяжения размеры полосы изменятся. При этом необходимо подставить новые значения размеров полосы в систему уравнений и решить ее, получив новые значения межклеточных натяжений. Таким образом, расчет размеров полосы и натяжений является итерационным процессом.

Блок – схема последовательного решения системы уравнений приведена на рисунке 1.

При каждом новом решении системы уравнений (5) мы будем получать новые значения межклеточных натяжений и размеров полосы. Однако практика проведения численных расчетов показала, что значения натяжений и размеров полосы сходятся к определенным значениям после 40-й итерации и далее практически не изменяются. Поэтому при расчете ограничились сорока итерациями.

Для проверки адекватности построенной математической модели многоклеточного непрерывного стана был выбран среднесортный стан 450 ЗСМК. При моделировании непрерывной группы клетей профиль представлен в виде полосы, параметры прокатки которой (высота и ширина полосы, обжатие, диаметр валков и скорость прокатки) соответствуют размерам углового профиля 80x80x8 мм прокатываемого в 5-ти клетевой непрерывной чистовой группе стана 450 ЗСМК в калибрах со свободным уширением. Аналогично проведено моделирование прокатки углового профиля 90x90x7 мм. При моделировании процесса представили полосу толщиной равной толщине полки уголка и шириной равной длине горизонтальной проекции этой полки. Наклон полок учитывался коэффициентом  $C_i$ , который определялся экспериментальным путем. Описанная выше модель непрерывной группы стана была реализована на ПК, на котором итерационный процесс решения системы уравнений для заданного скоростного режима прокатки занимает не более 4 минут, с выводом результата расчетов в графической форме. Это позволило исследовать влияние различных вариантов скоростного режима прокатки в непрерывной чистовой группе на размеры полосы на выходе из чистовой клетки стана.

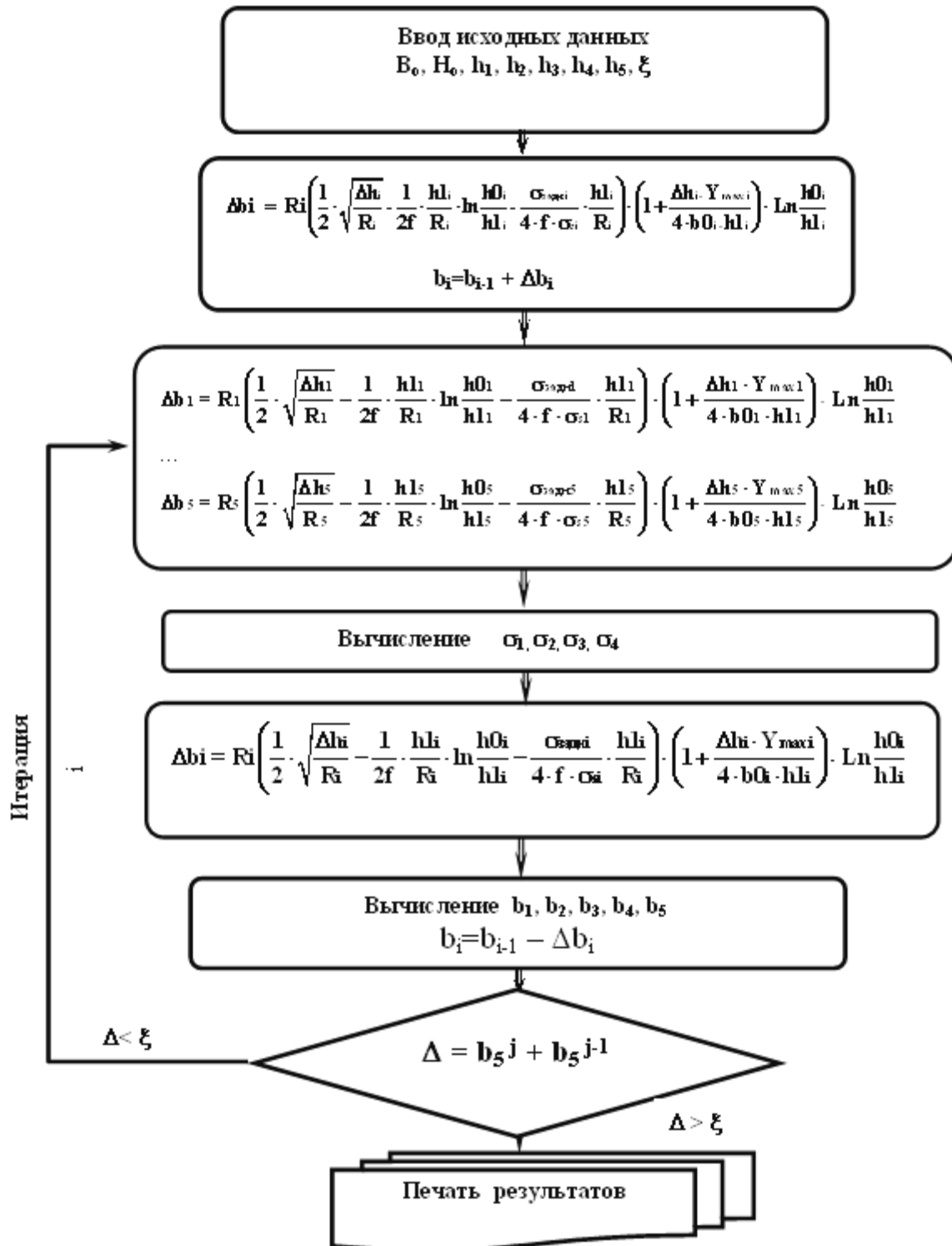
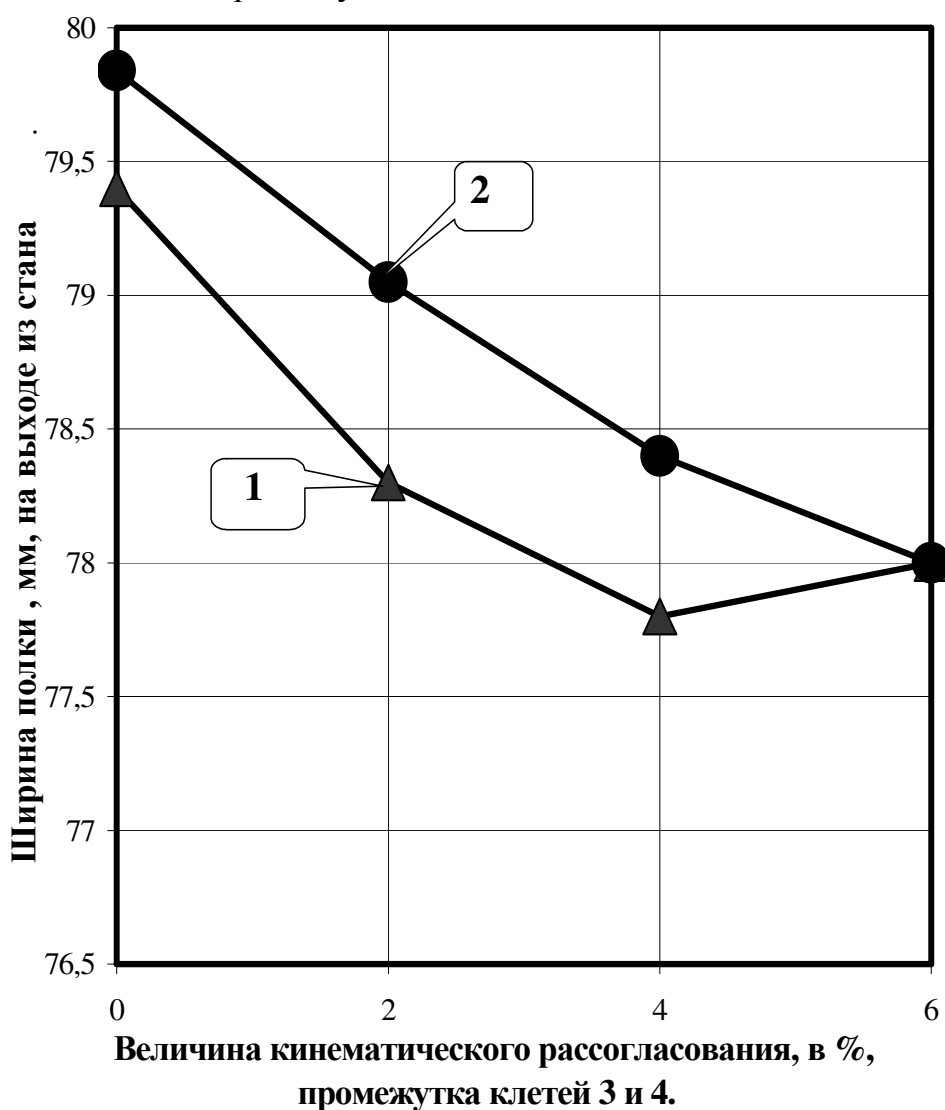


Рисунок 1 – Блок-схема решения системы уравнений связывающих размеры полосы с натяжением при прокатке в непрерывной группе прокатного стана

Для проверки адекватности предложенной математической модели были проведены экспериментальные исследования по нагружению кинематической цепи

матическим рассогласованием межклетевых промежутков стана 450 ЗСМК при прокатке угловых профилей 80x80x8 мм и 90x90x7 мм. Введение кинематического рассогласования производилось в чистовой группе прокатного стана 450 состоящей из семи клеток. При прокатке вышеназванных угловых профилей были использованы клетки №№ 11, 12, 13, 14, 15 стана. Этим клетям соответствовали клетки №№ 1, 2, 3, 4, 5 – математической модели непрерывного стана.

На рисунке 2 показана типичная картина экспериментальной и расчетной зависимости ширины полки от кинематического рассогласования, вводимого последовательно в межклетевом промежутке клеток №3 и №4, при прокатке уголка 80x80x8 мм. Подобные зависимости построены для всех межклетевых промежутков.



- (1) – ширина полки полученная экспериментально;  
 (2) – ширина полки по расчету

Рисунок 2 – Зависимость ширины полки углового профиля 80x80x8 мм от кинематического рассогласования в промежутке клеток 3-4



Видно, что графики расчетных значений ширины полки угловых профилей 80x80x8 мм и графики, экспериментально полученных значений ширины полки это го же профиля имеют одинаковый ход, наклон и приблизительно одинаковую разность между шириной полки уголка при исходном режиме прокатки и режиме прокатки с нагружением кинематическим рассогласованием. Графики зависимости ширины полки на выходе из чистовой клетки для остальных межклетевых промежутков для этого уголка и уголка 90x90x7 мм имеют аналогичный вид.

Абсолютного совпадения экспериментальных и теоретических графиков нет, что объясняется невозможностью установки точного исходного режима, то есть режима без натяжений в межклетевых промежутках, при проведении эксперимента в условиях действующего непрерывного стана 450.

Внесли свой вклад и такие факторы как неравномерность прогрева заготовки по длине, колебание поперечного сечения заготовки, влияние черновой группы клеток и т.д., устранить которые в ходе эксперимента на реальном промышленном объекте не представлялось возможным. Вместе с тем совпадение, достигнутое при сравнении теоретических и экспериментальных данных позволяет сделать вывод о достаточно точном описании непрерывного прокатного стана при помощи предложенной математической модели.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казырский Е.О. Математическая модель очага деформации, учитывающая межклетевое натяжение при непрерывной прокатке / Е.О. Казырский // Сталь. – 2007. – № 10. – С. 50-51.

УДК 621.771

В.Н. Перетяцько, С.В. Сметанин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ ТРАМВАЙНЫХ ЖЕЛОБЧАТЫХ РЕЛЬСОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Приведены краткие результаты исследования напряженно-деформированного состояния металла при разрезке головки трамвайного желобчатого рельса в чистовом калибре с использованием различных диаметров разрезных роликов.

To cite summary output effort deflected mode metal of cutting head tramway rail in finishing gauge with use different diameter divided roller.

В трамвайных рельсах типа Т62 и Т58 образование желоба и окончательное оформление профиля выполняется в двух последних калибрах: в предчистовом трехвалковом и в чистовом четырехвалковом калибре, что вызывает значительные трудности при прокатке профиля [1]. Опытные данные по исследованию напряженно-деформированного состояния металла при прокатке, с образованием желоба, в этих калибрах отсутствуют.

С целью улучшения качества проката трамвайного рельса предлагается осуществлять разрезку головки рельса только в чистовом универсальном калибре с использованием разрезного ролика меньшего диаметра. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при прокатке трамвайного рельса с разрезкой головки рельса только в чистовом калибре выполнено на лабораторном прокатном стане. В качестве материала исходной заготовки использовался свинец.

Для лабораторного калибра было изготовлено два разрезных ролика  $\varnothing 75$  и  $\varnothing 120$  мм формирующих головку рельса и один цилиндрический ролик  $\varnothing 102$  мм для формирования подошвы профиля. Профиль для последующей прокатки получался путем прямого выдавливания на гидравлическом прессе из специальной пресс-формы. Координатную сетку наносили при помощи плиты с насечками. Параметры ячеек координатной сетки:  $2 \times 2$  мм<sup>2</sup>, ширина и глубина линий  $\approx 0,5$  мм. Половинки заготовок спаивались сплавом Вуда и прокатывались при комнатной температуре со степенями деформации равными 25, 50, 75 и 100 % от общей глубины желоба, разрезными роликами  $\varnothing 75$  и  $\varnothing 120$  мм.

В результате проведенных экспериментов были построены изолинии деформации по сечению головки рельса, а именно: интенсивности деформации, деформации от обжатия разрезным роликом, деформации от обжатия горизонтальными валками и деформации по ходу прокатки. На рисунке 1 представлены два сечения головки рельса с изолиниями интенсивности деформации при полной разрезке желоба роликами  $\varnothing 75$  мм (рисунок 1, а) и  $\varnothing 120$  мм (рисунок 1, б).

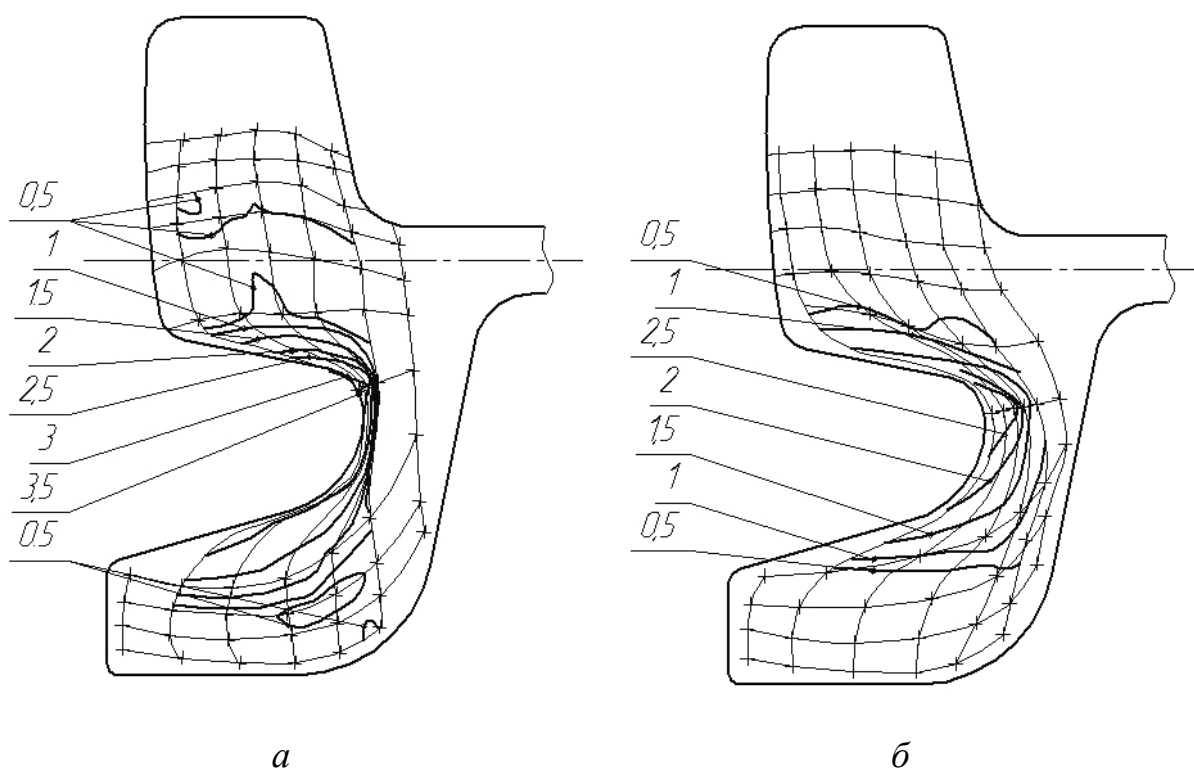


Рисунок 1 – Изолинии интенсивности деформации  
а – для ролика  $\varnothing 75$  мм; б – для ролика  $\varnothing 120$  мм

На основании полученных значений были построены соответствующие графики распределения деформаций по оси желоба головки рельса.

Из графиков интенсивности деформации: при использовании разрезного ролика  $\varnothing 75$  мм с глубиной внедрения 25, 50, 75 и 100 % от глубины желоба, интенсивность деформации убывает от поверхности к центральным слоям и имеет прямолинейную зависимость. По мере приближения очага деформации к оси валков значения интенсивности деформации возрастают по всему сечению. Максимальная интенсивность деформации соответствует сечению по оси валков в поверхностных слоях желоба и равна 3,56; интенсивность деформации в центральных слоях равна 0,68. При использовании ролика  $\varnothing 120$  мм с глубиной внедрения 25, 50, 75 и 100 % от глубины желоба, интенсивность деформации также убывает от поверхности к центральным слоям. При глубине внедрения разрезного ролика 75 % и 100 % графики интенсивности деформации убывают, но имеют более по-

логий вид по сравнению с применением ролика  $\varnothing 75$  мм в этих же сечениях. При образовании желоба на полную глубину наибольшая интенсивность деформации соответствует поверхностным слоям желоба и равна 2,89; интенсивность деформации в центральных слоях составляет 1,14.

Из вышесказанного следует, что при использовании разрезного ролика меньшего диаметра в 1,6 раза, интенсивность деформации в поверхностных слоях увеличивается на 18,8 %, а интенсивность деформации в центральных слоях уменьшается на 40,4 %.

Из графиков деформации от разрезки головки рельса: при использовании разрезного ролика  $\varnothing 75$  мм с глубиной внедрения 25, 50, 75 и 100 % от глубины желоба, величина деформации убывает от поверхности к центральному слою по прямолинейной зависимости. С увеличением обжатия значения деформации увеличиваются по всему сечению. Наибольшие значения деформации соответствуют сечению по оси валков. Максимальное значение деформации соответствует поверхностному слою и равно 4,561; минимальное значение соответствует центральному слою и равно 1,592.

При использовании разрезного ролика  $\varnothing 120$  мм с глубиной внедрения 25, 50, 75 и 100 % от глубины желоба, величина деформации от разрезки разрезным роликом также убывает от поверхности к центральному слою и значения деформации близки к значениям при использовании разрезного ролика  $\varnothing 75$  мм. Наибольшие значения деформации соответствуют сечению по оси валков в поверхностных слоях и равно 4,09; минимальное значение соответствует центральному слою 1,798.

Из вышесказанного следует: что величина деформации от обжатия разрезными роликами различного диаметра ( $\varnothing 75$  мм и  $\varnothing 120$  мм) убывают от поверхности к центральному слою, наибольшее значение соответствует сечению по оси валков, причем значение деформации в поверхностных слоях от разрезки разрезным роликом меньшего диаметра больше на 10,32 %, чем при использовании разрезного ролика большего диаметра. В центральных слоях, величина деформации при использовании разрезного ролика меньшего диаметра меньше на 11,51 %.

Для внедрения результатов исследования в технологический процесс необходимо знать усилия необходимые для разрезки головки рельса.

Согласно произведенным расчетам существующей технологии прокатки при разрезке головки рельса и образовании желоба за два прохода, как в предчистовом так и в чистовом калибре существует значительная неравномерность деформаций и усилий в горизонтальном направлении на 68,9 % и 60,5 % соответственно.

Проведен расчет усилий прокатки в горизонтальном направлении по предлагаемой технологии. При уменьшении диаметра разрезного ролика в 2 раза (с  $\varnothing 650$  мм на  $\varnothing 325$  мм) усилие прокатки уменьшается с 0,86 МН до 0,68 МН, что составляет уменьшение усилия на 20,9 %. Рассчитывалось усилие со стороны вертикального ролика формирующего подошву, кото-

рое составило – 0,46 МН. Так как предлагается калибр врезать наклонно на  $8^{\circ}$  к горизонтали в сторону головки, то дополнительно получаем проекцию касательных усилий на ось горизонтальных валков, что составляет – 0,45 МН. Для обеспечения равенства вытяжек и усилий прокатки в левой и правой части калибра, предлагается увеличить обжатия по подошве до 4 мм (рисунок 2).

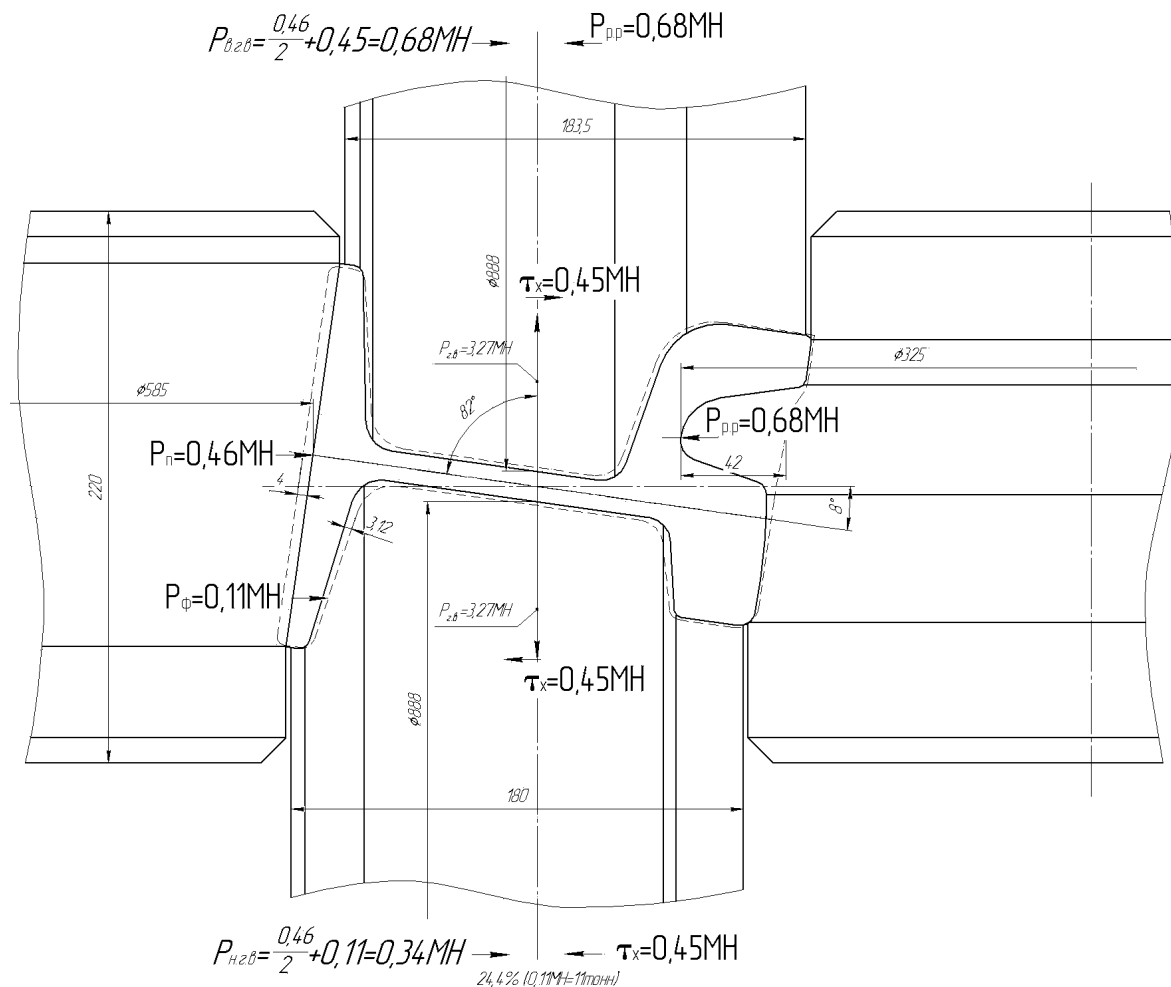


Рисунок 2 – Распределение усилий в предлагаемом калибре

На рисунке 2 показаны расчетные усилия от вертикальных роликов и осевые усилия, действующие на горизонтальные валки в предложенном наклонном калибре. Чтобы не было перемещения (сдвига) в осевом направлении горизонтальных валков, должно обеспечиваться условие: осевые усилия со стороны головки должны быть равны осевым усилиям со стороны подошвы. Получаем для верхнего горизонтального валка усилие со стороны подошвы равно усилию со стороны головки, которое составляет 0,68 МН. Таким образом, верхний горизонтальный валок полностью уравновешен вместо существующего. Для нижнего горизонтального валка в левой части со стороны подошвы:  $0,46/2=0,23 \text{ MN}$  и дополнительно уси-

лие 0,11 МН, возникающее из-за разности обжатий по фланцам подошвы, а со стороны головки 0,45 МН. Таким образом, усилие со стороны головки больше на 24,4 %, чем со стороны подошвы.

Проведены экспериментальные исследования по определению усилия разрезки, которые подтверждают расчетные значения. Полученные значения усилий, переведенные через масштабные и поправочные коэффициенты, получили действительные значения усилий необходимых для образования желоба головки рельса для существующего разрезного ролика – Ø650 мм и предлагаемого разрезного ролика Ø325 мм, которые представлены в таблице 1 и графически выражены на рисунке 3.

Таблица 1 – Значения действующих усилий разрезки головки трамвайного рельса

Глубина внедрения разрезного ролика, мм	Усилие разрезки, Н	
	Разрезной ролик Ø650 мм	Разрезной ролик Ø325 мм
10 (25 %)	129600	32290
20 (50 %)	251640	117450
30 (75 %)	365040	222720
40 (100 %)	924480	690780

Таким образом, получили действующие значения усилий:

- для ролика Ø650: усилие расчетное – 0,86 МН;  
усилие экспериментальное – 0,92 МН;
- для ролика Ø325: усилие расчетное – 0,68 МН;  
усилие экспериментальное – 0,69 МН .

Получены математические зависимости по определению усилия разрезки необходимого для образования желоба:

- для ролика Ø650 (Н):  $P(650) = 1093,5x^2 - 29695x + 339930$  ;
- для ролика Ø325 (Н):  $P(325) = 957,25x^2 - 27055x + 224250$  .

где  $x$  – глубина внедрения разрезного ролика, мм

Также при использовании предлагаемого наклонного калибра, получаем уменьшение момента прокатки с 51,6 кНм – для ролика Ø 650, до 27,2 кНм – для ролика Ø 325, что составляет уменьшение момента на 47,3 %. С увеличением глубины внедрения разрезного ролика усилие разрезки возрастает по квадратичной зависимости. При образовании желоба головки рельса с уменьшением диаметра разрезного ролика в два раза усилие раз-

резки уменьшается: по расчетным данным – на 20,9 %; по экспериментальным данным – на 25,3 % (рисунок 3).

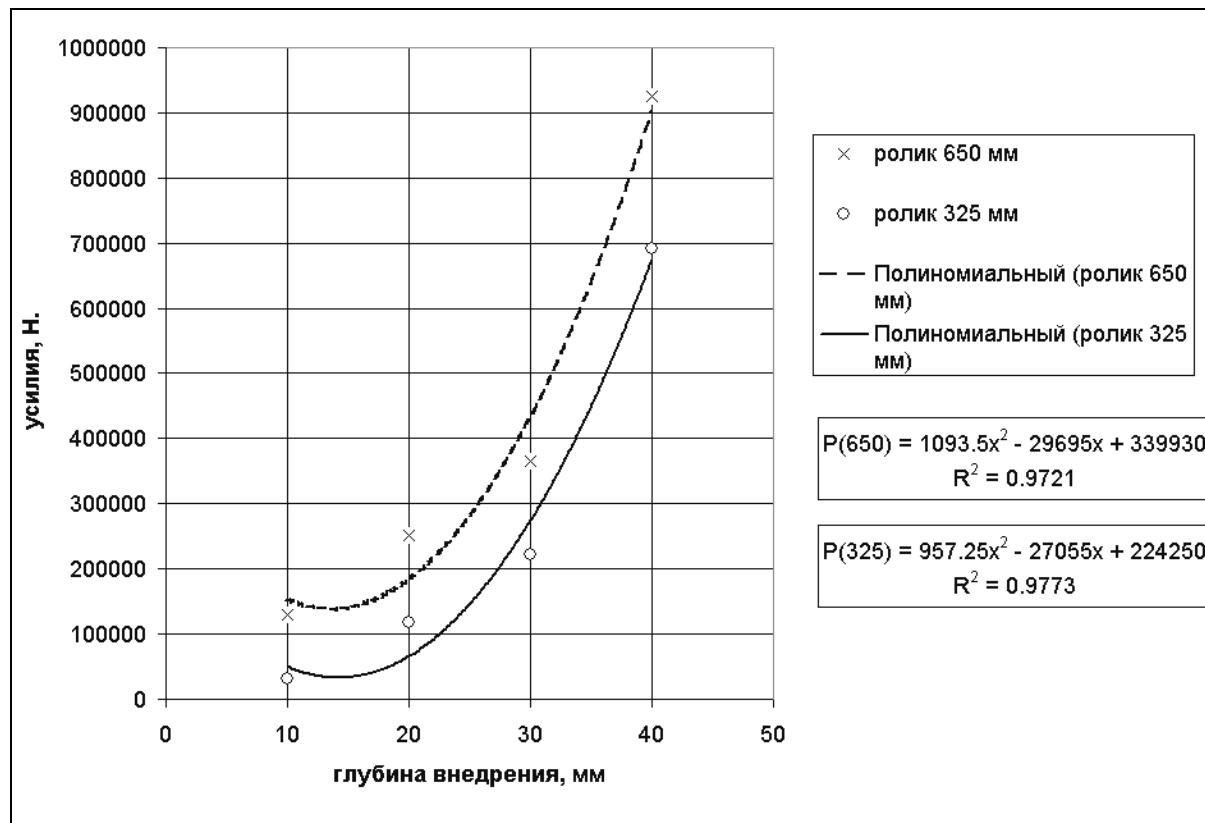


Рисунок 3 – Графики усилий по образованию желоба в зависимости от диаметра разрезного ролика

Выводы:

1. При разрезке существующим и уменьшенным роликом наибольшую деформацию в направлении разрезки испытывают поверхностные слои ячеек желоба, причем величина деформации убывает от поверхности к центральным слоям. Интенсивность деформации по оси желоба в поверхностных слоях при разрезке меньшим роликом больше на 18,8 %, чем при разрезке большим и с увеличением обжатия интенсивность деформации монотонно возрастает. Значения деформаций, возникающие при разрезке разрезным роликом меньшего диаметра, больше на 10,32 %, чем при образовании желоба большим роликом и с увеличением обжатия значения деформаций возрастают по прямолинейной зависимости.

2. Усилие прокатки с использованием разрезного ролика меньшего диаметра уменьшается по расчетным данным на 20,9 %, по экспериментальным – на 25,3 %.

3. Уменьшение диаметра разрезного ролика в два раза, позволяет уменьшить момент прокатки на 47,3 %.

4. Предложена новая технология прокатки трамвайных рельсов, которая дает следующие преимущества: разрезка головки рельса осуществляется только в чистовом калибре; уменьшается количество рельсовых калибров.

5. Увеличивается производительность стана.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка прогрессивных калибровок и технологий прокатки на станах Новокузнецкого металлургического комбината / В.В. Павлов, В.В. Дорофеев, Е.М. Пятайкин, В.В. Ерастов. – Новосибирск: Наука, 2006. – 224 с.



УДК 621.73

М.В. Филиппова, В.Н. Перетяtko

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ВЫДАВЛИВАНИЕ В ЗАКРЫТЫХ ШТАМПАХ

В работе представлен алгоритм выбора технологического процесса штамповки выдавливанием малогабаритных деталей. Приведен пример выбора технологического процесса для штамповки детали «корпус распылителя» из стали 18X2H4MA.

The work presents mechanism of choosing technological process of desk-size details press forming. The example of choosing technological process of frame puvarizer press forming from steel 18X2H4MA is given.

Малогабаритные детали диаметром до 20 мм и массой до 1 кг изготавливают, как правило, на металлорежущих станках – автоматах. При этом до 70 % металла уходит в стружку. Принимая во внимание, что количество таких деталей массового производства велико, и только в автотракторной отрасли составляет около 500 штук, общее количество металла, который теряется в стружку, превышает 100 тысяч тонн.

Высокую точность и хорошее качество поверхности детали можно получить, используя процесс холодной объемной штамповки выдавливанием. Однако этот процесс характеризуется высокими удельными усилиями и не рекомендуется для штамповки легированных марок стали, которые имеют твердость более 260НВ.

При горячей штамповке выдавливанием быстрое охлаждение нагретой заготовки и наличие окалины ухудшают качество поверхности и увеличивают припуски для дальнейшей обработки резанием.

Одним из направлений, позволяющих расширить границы применения штамповки выдавливанием, является разработка технологии полугорячей штамповки выдавливанием в закрытых штампах.

Авторами разработан алгоритм выбора технологических параметров штамповки выдавливанием в закрытых штампах. В качестве примера рассмотрим выбор оптимальной температуры нагрева и технологии изготовления детали «корпус форсунки распылителя», чертеж которой приведен на рисунке 1. Материал форсунки – сталь 18X2H4MA.

Можно отметить, что наружный контур детали состоит из головки большего диаметра и стержня меньшего диаметра. В нижней части стержня формируется носик распылителя. Деталь является типовой для изготов-

ления штамповкой выдавливанием. Чертеж поковки приведен на рисунке 2. Масса поковки составляет 64,2 грамма.

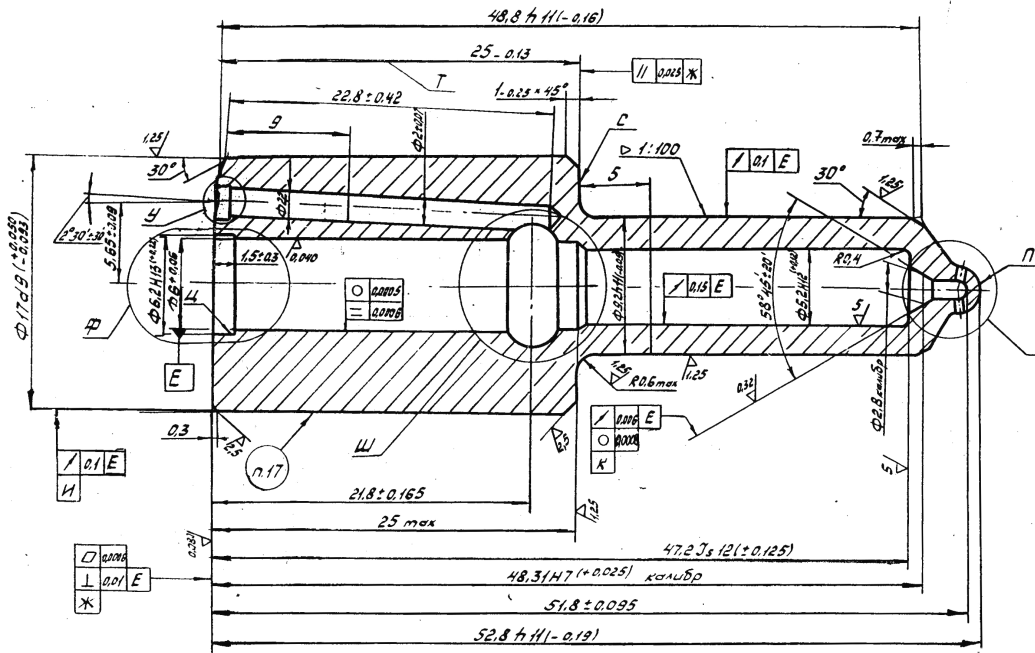


Рисунок 1 – Чертеж детали «корпус распылителя»

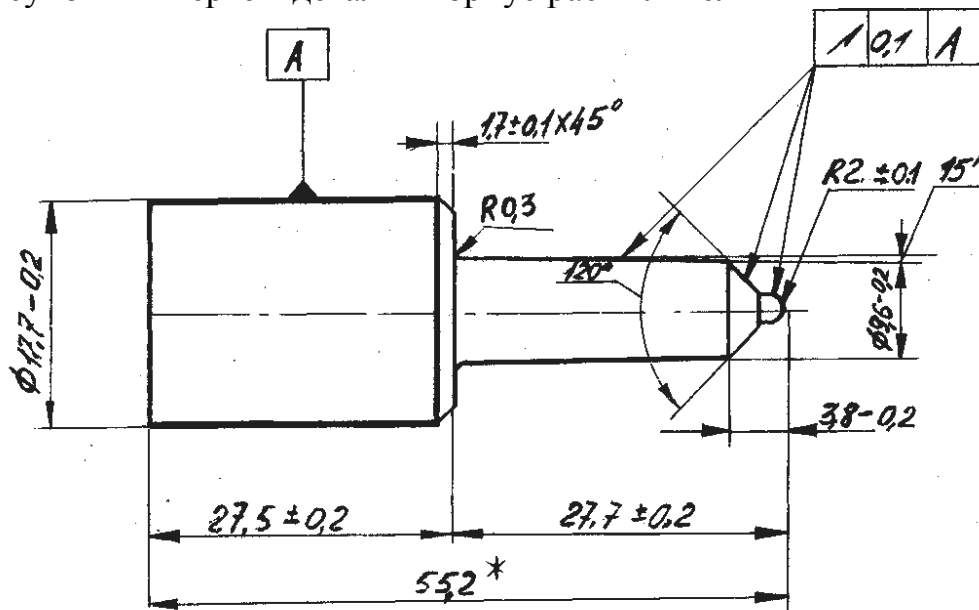


Рисунок 2 – Чертеж поковки детали «корпус распылителя»

Алгоритм выбора технологического процесса штамповки выдавливанием малогабаритных деталей показан на рисунке 3. Алгоритм состоит из блока ввода исходной информации, где  $D$ ,  $d$ ,  $L$ ,  $l$  и  $\alpha$  – размеры детали и угол половины конусности матрицы, блоков расчета объема и массы заданной детали, при этом объем детали равен:

$$V_{дет} = \frac{\pi D^2}{4} L + \frac{\pi d^2}{4} l,$$

если  $\alpha=90^0$  и

$$V_{дет} = \frac{\pi D^2}{4} L + 0.083\pi \cdot h(D^2 + d^2 + Dd) + \frac{\pi d^2}{4} (l-h),$$

если  $\alpha < 90^0$ .

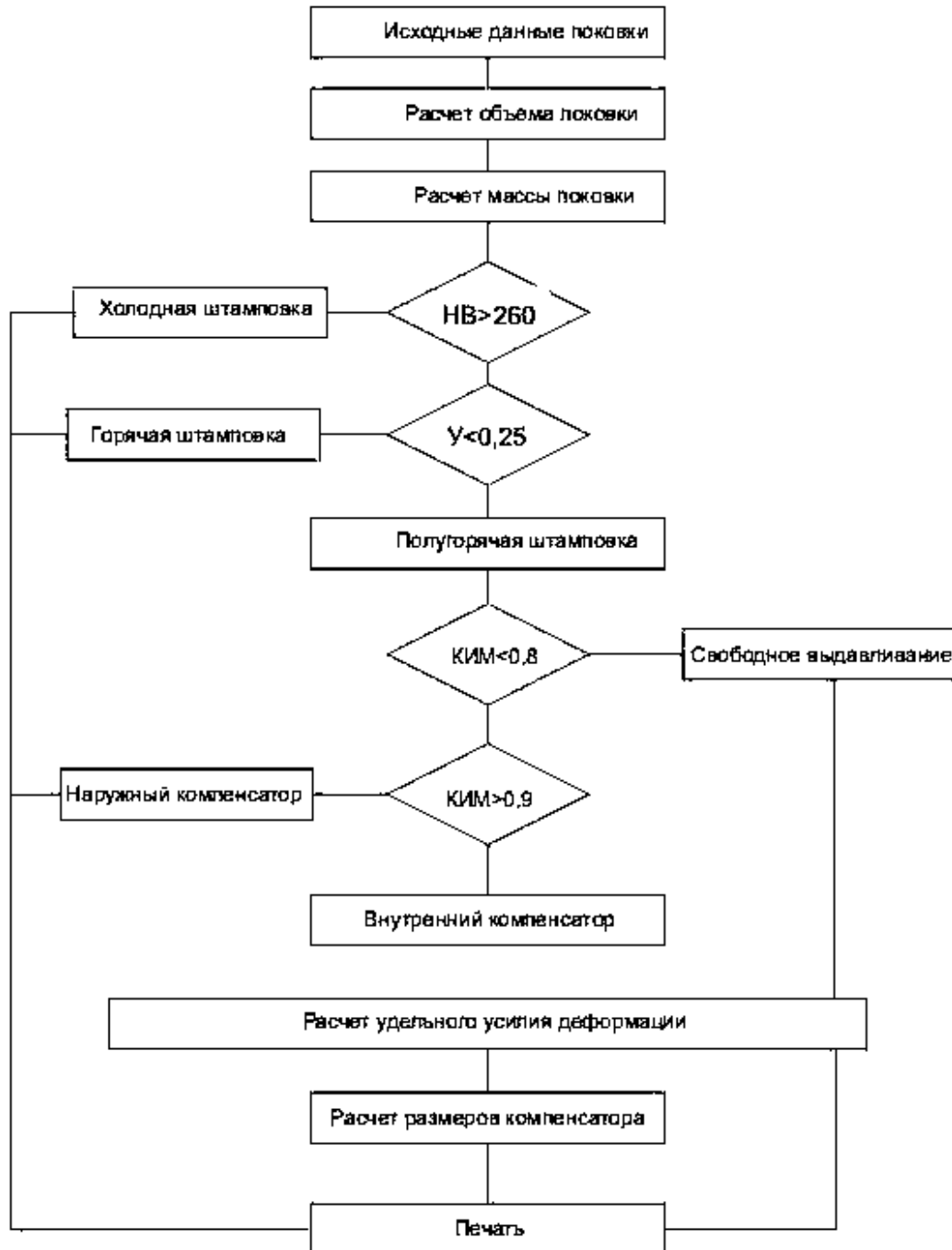


Рисунок 3 – Алгоритм выбора технологического процесса штамповки выдавливанием

Масса детали равна:

$$M = V_{дет} \cdot \rho.$$

Размеры заготовки рассчитываются из условия постоянства объема.

$$V_{заг} = V_{дет} \frac{100 + \delta}{100},$$

$$H_3 = \frac{4V_{дет}}{\pi D^2},$$

$$D_3 = D - 0,5 \text{ мм},$$

здесь  $\delta$  – угар металла в процентах. При горячей штамповке  $\delta \approx 1,0 - 3,0\%$ , при холодной и полугорячей штамповке  $\delta=0$ ;  $V_{дет}$  и  $V_{заг}$  – объем детали и объем заготовки;  $D_3$  и  $D$  – диаметр заготовки и диаметр утолщенной части заготовки.

Оператор условия характеризует возможности штамповки заготовки в холодном состоянии. Если твердость стали меньше 260НВ, то рекомендуется использовать холодную штамповку выдавливанием для получения данной детали. В противном случае для снижения сопротивления металла деформации необходимо производить нагрев заготовки.

Второй условный оператор определяет возможность использование технологии штамповки с нагревом заготовки. Если при нагреве в индукторе токами высокой частоты допускается возможность штамповки с поверхностным угаром  $U > 0,25 \text{ кг/м}^2$ , то следует применять технологию горячей штамповки. В противном случае необходимо снизить температуру нагрева, чтобы уменьшить величину поверхностного угара.

Технология полугорячей штамповки выдавливанием в закрытом штампе рекомендуется при величине поверхностного угара меньше  $0,25 \text{ кг/м}^2$ .

Штамповку выдавливанием можно осуществить по разным технологиям, которые зависят от коэффициента использования металла (КИМ) при штамповке. Величину КИМ выбирает технолог в зависимости от имеющегося кузнечного и металлорежущего оборудования, способов нагрева и квалификации персонала.

При  $\text{КИМ} \leq 0,8$  рекомендуется применять технологию выдавливания в открытом штампе со свободным течением металла в стержневую часть детали.

При КИМ больше 0,8 и меньше 0,9 рекомендуется технология штамповки с внешним кольцевым компенсатором, который удаляется в отдельном переходе, или на металлорежущих станках.

При  $\text{КИМ} > 0,9$  рекомендуется технология штамповки с внутренним компенсатором, где окончательные размеры детали получают на металлорежущих станках.

Сталь 18Х2Н4МА после отжига имеет твердость 264-270НВ и согласно данным [1] не рекомендуется для холодной штамповки выдавлива-

нием. Учитывая высокую точность изготовления заготовки после выдавливания, принимаем величину поверхностного угара  $U < 0,25 \text{ кг/м}^2$ .

Согласно общему алгоритму такие условия обеспечивает полугорячая штамповка выдавливанием. Принимая во внимание высокие требования к точности изготовления детали, принимаем величину КИМ  $> 0,8$ .

Этим условиям соответствует точная полугорячая штамповка в закрытых штампах.

Таким образом, выбираем технологию точной полугорячей штамповки в закрытых штампах с нагревом металла токами высокой частоты.

Технологический процесс штамповки выдавливанием в закрытом штампе можно осуществлять, используя в качестве магазина для размещения излишка металла внутренней или внешней компенсатор.

Выводы.

Разработан и используется в технологических расчетах алгоритм выбора технологического процесса штамповки выдавливанием. В алгоритме предусмотрен выбор технологии холодной, горячей или полугорячей штамповки. Рассматриваются технологические процессы выдавливания без компенсатора и с компенсатором.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холодная объемная штамповка: Справочник / Под. ред. Г.А. Навроцкого. – М.: Машиностроение. – 1973. – 496 с.

УДК 544.33

А.П. Коробейников, А.Н. Филин, А.В. Тутьнин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЧЕТВЕРТОГО РЯДА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

В статье проведен анализ физических свойств карбонильных соединений четвертого ряда периодической системы.

In the article the analysis of physical properties carbon of connections of the fourth number of a periodic system is conducted.

Роль оксида углерода в металлургии как восстановителя общеизвестна. Вероятность взаимодействия оксида углерода с металлом в металлургических процессах металлургов не интересовала, но исключать вероятность таких процессов не следует. Из практики известно о потерях металла с газовой фазой. Сущность этого явления не исследовалась. В работе ставилась задача оценки вероятности взаимодействия металла с газовой фазой и прежде всего с оксидом углерода с образованием карбонильных соединений; свойства этого класса соединений не известны. Для оценки исследуемого явления необходимо применять термодинамические расчеты, но физические и физико-химические свойства этих веществ не изучены. В справочной литературе [1] физические и физико-химические свойства карбонильных соединений четвертого ряда периодической системы Д. И. Менделеева представлены недостаточно. Температура плавления [1] известна только для  $\text{Co}((\text{CO})_4) - 324 \text{ K}$  и для  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10} - 425 \text{ K}$ . Графически показана линейная зависимость температуры плавления от массы этих веществ на рисунке 1 и представлена уравнением:

$$T_{\text{пл}} = 0,4749 \cdot M + 242,79 \quad R^2 = 1, \quad (1)$$

где:  $T_{\text{пл}}$  – температура плавления, К;  $M$  – масса соединений, грамм/моль.

Стандартная энтальпия этих веществ заимствована из [1]. Установлена графически (рисунок 2) взаимосвязь температуры плавления с энтальпией и определяется уравнением:

$$T_{\text{пл}} = 0,1137 \cdot \Delta H_{292}^0 + 237,07 \quad R^2 = 1 \quad (2)$$

По уравнениям (1),(2) вычислены температуры плавления ряда карбонильных соединений (таблица 1); разность составляет не более 2-4 К для каждого вещества.

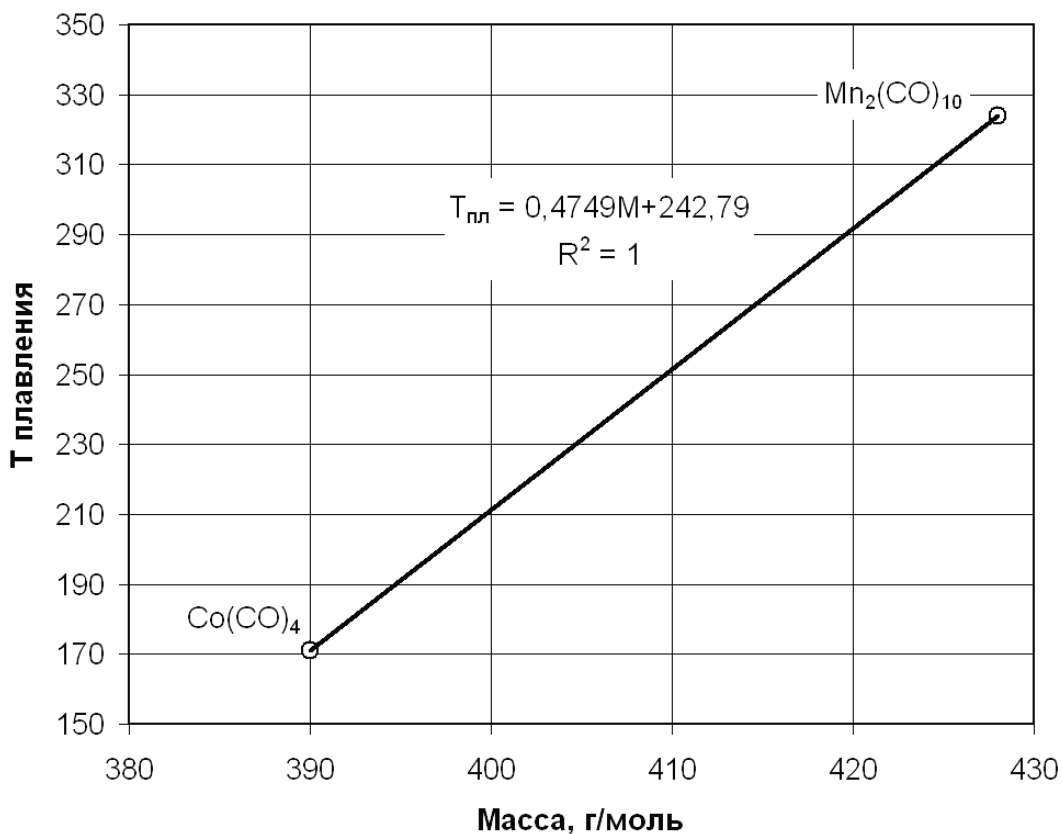


Рисунок – 1 Зависимость температуры плавления от массы вещества

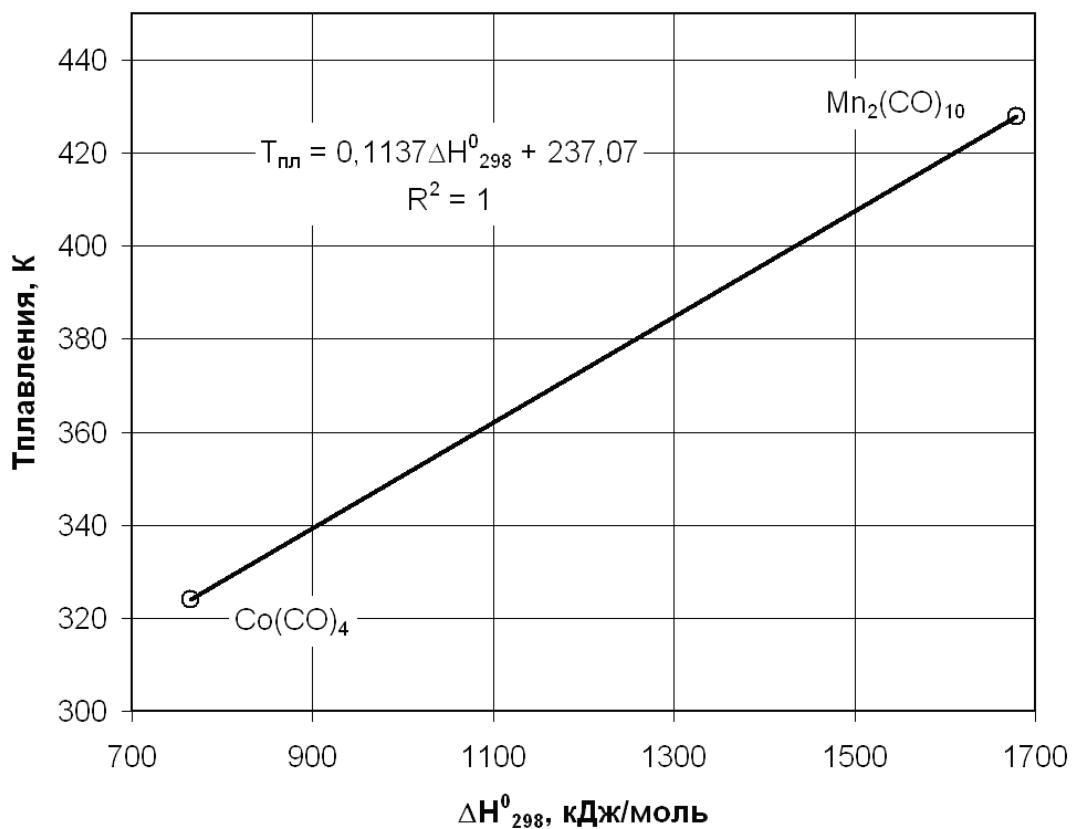


Рисунок 2 – Зависимость температуры плавления от энтальпии

В [1] представлены температуры кипения для соединений  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ,  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$  – 315 К, 382 К и 506 К соответственно и стандартные энтальпии – 633,49, 774,60, 1678,99 кДж/моль соответственно. На основании этих величин установлена линейная зависимость температуры кипения этих веществ от молекулярной массы и предложено уравнение взаимосвязи этих свойств (рисунок 3).

$$T_{\text{кип}} = 0,7836 \cdot M + 203,28 \quad R^2 = 0,9395 \quad (3)$$

где  $T_{\text{кип}}$  – температура кипения, К;  $M$  – масса веществ, грамм/моль.

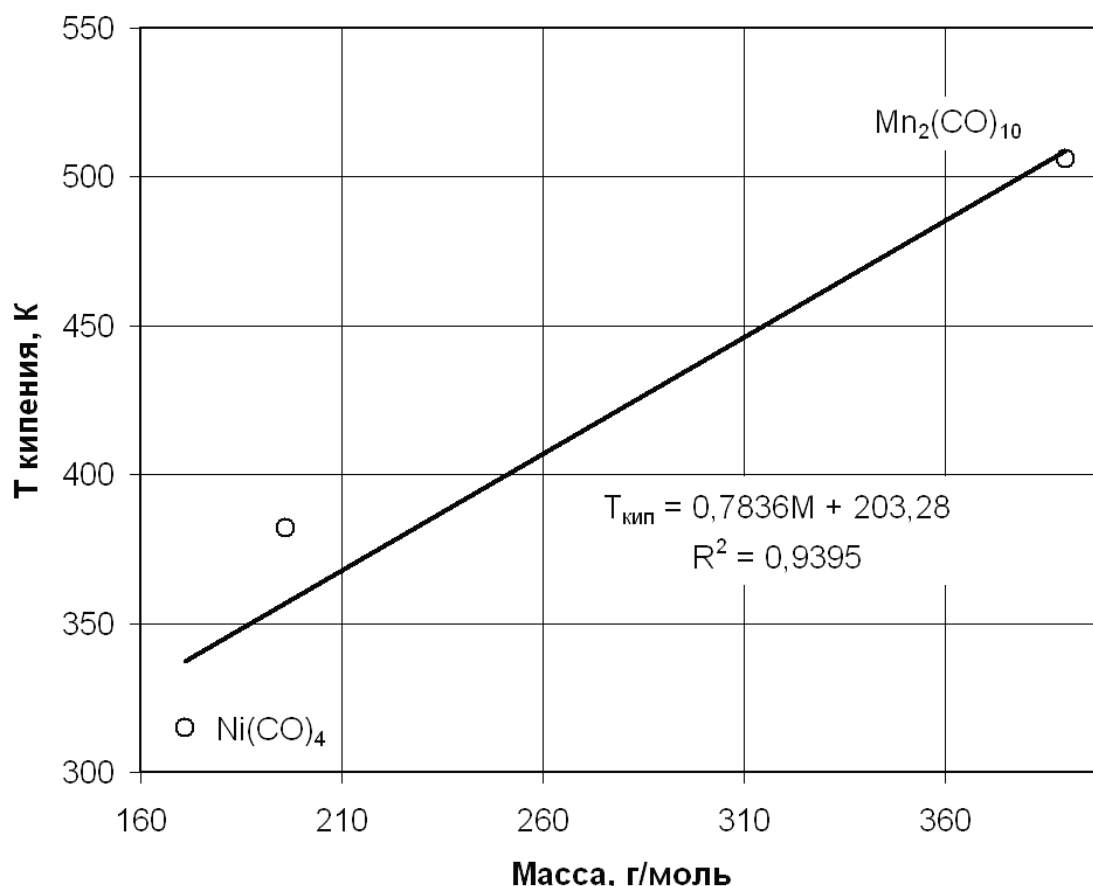


Рисунок 3 – Зависимость температуры кипения от массы вещества

По уравнению (3) вычислены температуры кипения (таблица 1), в том числе и гипотетических соединений.

Установлена взаимосвязь стандартной энтальпии жидких карбонильных соединений с температурой кипения (рисунок 4). Которая определяется уравнением:

$$T_{\text{кип}} = 0,1704 \cdot \Delta H_{292}^0 + 226,92 \quad R^2 = 0,9501 \quad (4)$$

где  $\Delta H_{292}^0$  – стандартная энтальпия жидких веществ, кДж/моль

Результаты расчетов представлены в таблице 1.



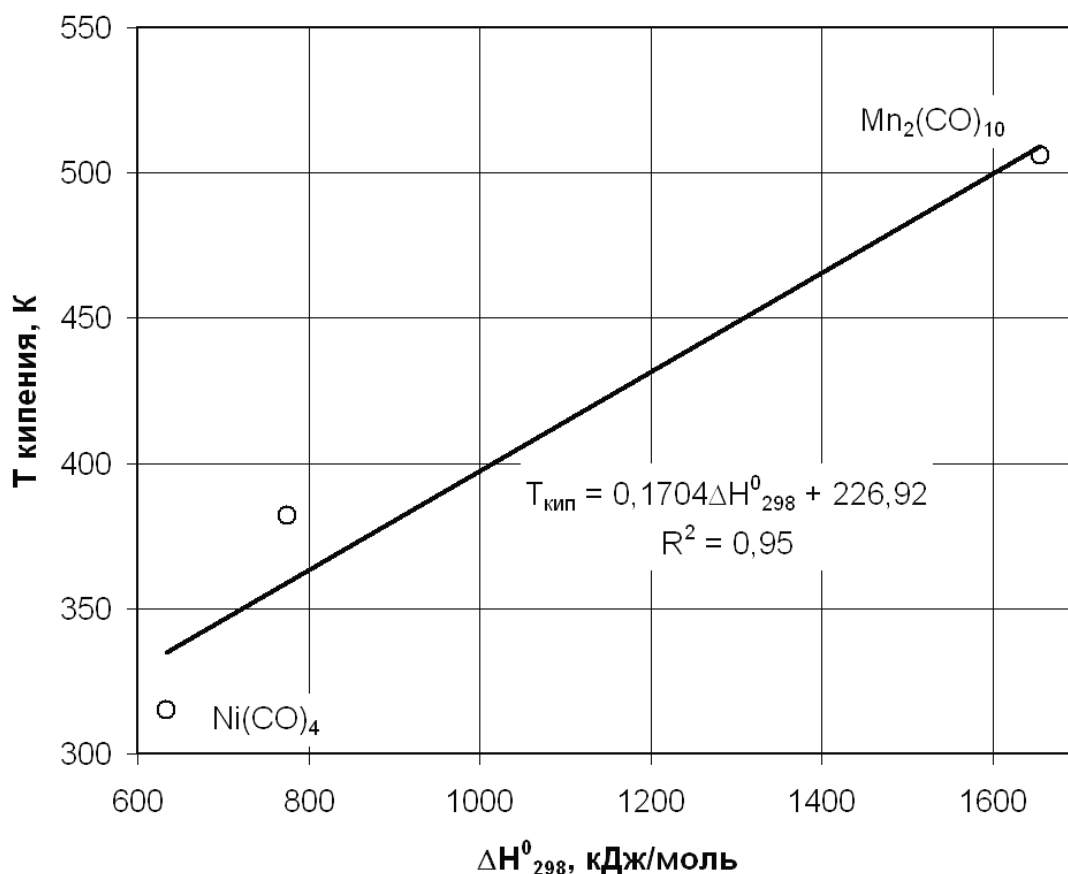


Рисунок 4 – Зависимость температуры кипения от энтальпии

В справочнике [1] представлены теплоты испарения при температуре кипения для  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ,  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$ , что послужило основой для обоснования взаимосвязи этих свойств (рисунок 5) и вычисления неизвестных характеристик по уравнению:

$$L_{\text{исп}} = 0,1652 \cdot T_{\text{кип}} - 25,452 \quad R^2 = 0,9304 \quad (5)$$

где:  $L_{\text{исп}}$  – теплота испарения при температуре кипения, кДж/моль

$T_{\text{кип}}$  – температура кипения, К.

Расчеты выполнены с использованием температур кипения карбониллов вычисленных по уравнению (4). Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Теплота возгонки исследуемых веществ при 298 К определялась с применением соответствующих величин для  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ,  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$  по уравнению:

$$L_{\text{возг}} = 0,05 \cdot T + 39,103 \quad R^2 = 0,5993 \quad (6)$$

где  $L_{\text{возг}}$  – теплота возгонки при 298 К, кДж/моль

$T_{\text{кип}}$  – температура кипения вычисленная по уравнению (4), К.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

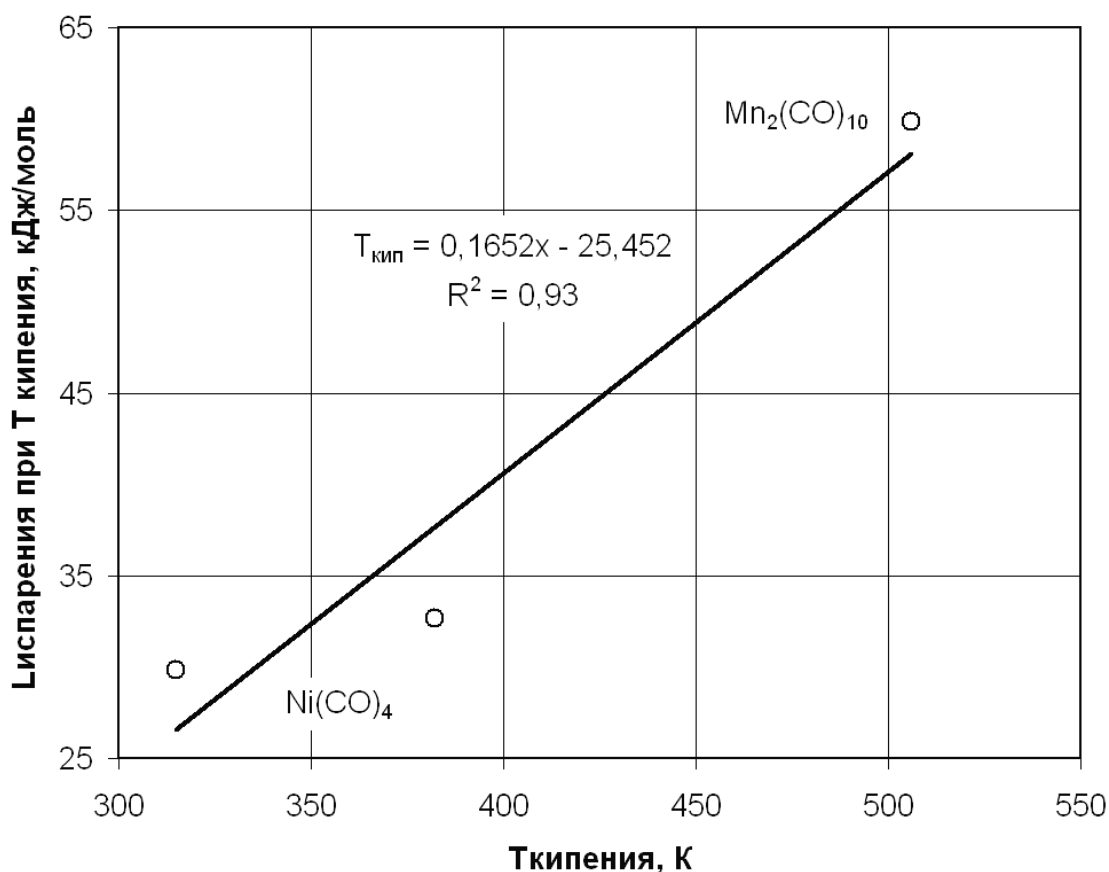


Рисунок 5 – Зависимость теплоты испарения при Т кипения от температуры кипения

В справочнике [1] приведена теплота плавления для карбонила  $Mn_2(CO)_{10}$  и составляет 4,98 кДж/моль. Недостаток информации не позволяет оценить теплоты плавления сравнительными методами, в частности через другие физические свойства веществ. При анализе физических свойств одноподобных веществ наблюдается приближенная закономерность:

$$L_{пл} = L_{возг} - L_{исп.к} \quad (7)$$

где  $L_{пл}$  – теплота плавления, кДж/моль

$L_{возг}$  – теплота возгонки при 298 К, кДж/моль

$L_{исп.к}$  – теплота испарения в точке кипения (К), кДж/моль.

Теплота плавления  $Mn_2(CO)_{10}$  вычисленная по уравнению (7) составляет

$$L_{исп} = 64,40 - 59,86 = 4,54 \text{ кДж/моль}$$

Вычисленные по уравнению (7) теплоты плавления приведены в таблице 1.

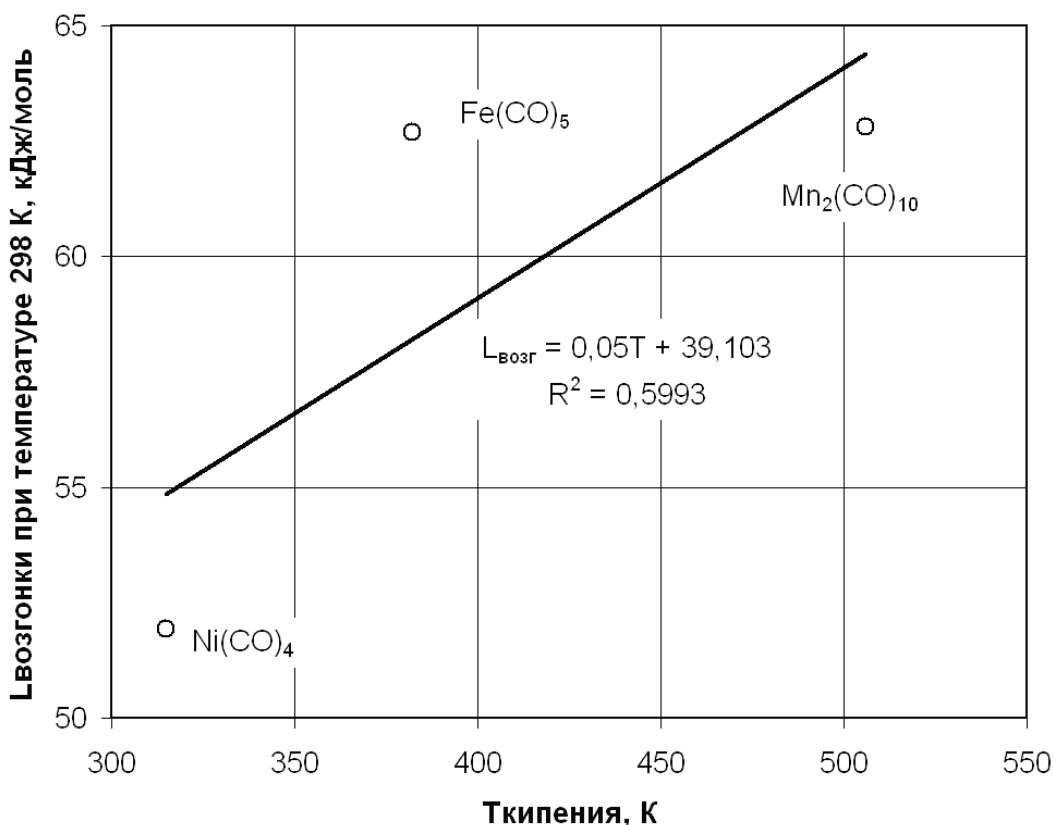


Рисунок 6 – Зависимость теплоты возгонки при температуре 298 К от температуры кипения

Предложенные методы, уравнения и полученные результаты рекомендуется применять для оценки химических процессов. В связи с недостатком экспериментальных данных невозможно утверждать об идеальности рассчитанных величин. В расчетах приняты характеристики свойств в границах  $\text{Me}(\text{CO})_4 - \text{Me}_2(\text{CO})_{10}$ . Следовательно, более надежными следует считать характеристики в этих границах. Менее надежные величины соединений  $\text{Me}(\text{CO})$ ,  $\text{Me}(\text{CO})_2$ . Металлы Sc – Ni расположены в одном ряду периодической системы Д.И. Менделеева, обладают одинаковыми свойствами и результаты прогноза свойств карбонильных соединений в этих границах не вызывают сомнения.

Таблица 1 – Результаты расчетов по уравнениям (1) – (7)

Вещество	Результаты расчета $T_{пл}$ по уравнениям (1, 2), К		Температура кипения вычисленная по уравнениям (3, 4), К		Теплота испарения при $T_{кип}$ , кДж/моль	Теплота возгонки при температуре 298 К, кДж/моль	Теплота плавления, рассчитанная по уравнению (7)
Sc(CO)	277	281		289	22,29	53,55	31,26
Sc(CO)2	291	294	282	309	25,59	54,55	28,96
Sc(CO)3	305	309	307	330	29,06	55,60	26,54
Sc(CO)4	317	320	326	348	32,04	56,50	27,54
Sc(CO)5	331	334	348	368	35,34	57,50	22,16
Sc(CO)6	344	347	370	388	38,65	58,50	19,85
Sc(CO)7	357	360	392	408	41,95	59,50	18,11
Sc(CO)8	370	373	414	427	45,09	60,45	15,36
Sc(CO)9	384	386	436	447	48,39	61,45	13,06
Sc(CO)10	397	400	458	467	51,70	62,45	10,75
Sc2(CO)8	392	394	449	459	50,37	62,05	11,68
Sc2(CO)10	418	421	493	499	57,48	64,05	4,54
Ti(CO)	279	282		291	22,62	53,65	31,03
Ti(CO)2	292	295		311	25,92	54,65	28,73
Ti(CO)3	307	310	309	333	29,56	55,75	26,19
Ti(CO)4	319	322	329	350	32,37	56,60	24,23
Ti(CO)5	332	335	351	370	35,67	57,60	21,93
Ti(CO)6	345	348	372	390	38,98	58,60	19,62
Ti(CO)7	357	361	394	410	42,28	59,60	17,32
Ti(CO)8	372	375	416	429	45,42	60,55	15,03
Ti(CO)9	385	388	438	449	48,75	61,55	12,8
Ti(CO)10	399	401	460	469	52,03	62,55	10,52
Ti2(CO)8	395	397	454	463	51,04	62,25	11,21
Ti2(CO)10	421	424	498	503	57,64	61,25	3,61
V(CO)	281	284		294	23,12	53,55	31,26
V(CO)2	294	297		313	26,26	54,55	28,96
V(CO)3	307	310	309	336	30,06	55,60	26,54
V(CO)4	320	323	331	352	32,70	56,70	24,00
V(CO)5	339	336	353	372	36,00	57,70	21,70
V(CO)6	347	350	375	392	39,31	58,70	19,39
V(CO)7	360	363	397	412	42,61	56,70	14,09
V(CO)8	373	376	419	432	45,91	60,70	14,79
V(CO)9	387	389	441	451	49,05	61,65	12,60
V(CO)10	400	403	463	471	52,36	62,65	10,29
V2(CO)8	398	400	459	468	51,86	62,50	11,64
V2(CO)10	424	427	503	507	58,30	64,45	6,15
Cr(CO)	281	285		294	23,12	53,80	30,68
Cr(CO)2	294	297	288	314	26,42	54,80	28,38
Cr(CO)3	309	312	312	335	29,89	55,85	25,96
Cr(CO)4	321	324	332	353	32,86	56,75	23,89
Cr(CO)5	334	337	354	373	36,17	57,75	45,47
Cr(CO)6	347	350	376	382	37,65	58,20	20,55
Cr(CO)7	361	363	398	412	42,61	59,70	17,09
Cr(CO)8	374	377	420	422	44,26	60,20	15,94
Cr(CO)9	311	390	441	452	49,22	61,70	12,48
Cr(CO)10	400	402	463	471	52,34	62,65	10,31
Cr2(CO)8	399	401	460	470	52,19	62,60	10,41
Cr2(CO)10	425	428	504	508	58,47	64,50	6,03

Продолжение таблицы 1

Mn(CO)	282	285		296	23,45	53,90	30,45
Mn(CO)2	296	299		316	26,75	54,90	28,15
Mn(CO)3	322	312	312	335	29,89	55,85	25,96
Mn(CO)4	322	326	334	350	32,37	56,60	24,23
Mn(CO)5	335	332	356	370	35,72	57,60	21,88
Mn(CO)6	349	352	378	430	45,58	60,60	15,02
Mn(CO)7	362	365	400	415	43,11	59,85	16,74
Mn(CO)8	369	378	422	434	46,24	60,80	14,56
Mn(CO)9	389	391	444	454	50,21	62,00	11,79
Mn(CO)0	402	404		474	52,85	62,80	9,95
Mn2(CO)8	401	404	465	513	59,30	64,75	5,45
Mn2(CO)10	428	428	509(p)	474	59,86(c)	64,40	4,54
Fe(CO)	283	285		297	23,61	53,95	30,34
Fe(CO)2	283	270	291	316	26,75	54,90	28,15
Fe(CO)3	296	312	313	336	30,06	55,90	25,84
Fe(CO)4	309	326	335(p)	355	33,19	56,85	23,66
Fe(CO)5	336	328	357	359(p)	33,85	57,05	23,20
Fe(CO)6	362	352	379	395	39,0	58,85	19,05
Fe(CO)7	362	365	401	415	43,11	59,85	16,74
Fe(CO)8	376	378	426	435	46,41	60,85	14,44
Fe(CO)9	389	392	445	458	58,21	62,00	3,79
Fe(CO)10	402	431	510				
Fe2(CO)8	402	405	467	475	53,02	62,85	9,83
Fe2(CO)10	429	431	510	514	59,46	64,80	8,34
Co(CO)	284	288		299	23,94	54,05	30,11
Co(CO)2	297	300	299	318	27,08	55,00	27,92
Co(CO)3	312	315	318	340	30,72	56,10	25,3
Co(CO)4	324	327	353(p)	358	33,69	57,00	23,31
Co(CO)5	337	340	359	378	36,99	58,00	21,01
Co(CO)6	351	353	381	398	40,30	59,00	18,70
Co(CO)7	364	367	403	417	43,44	59,95	16,51
Co(CO)8	377	380	425	437	46,74	60,96	14,21
Co(CO)9	390	411	447	457	50,04	61,95	11,91
Co(CO)10	408	431	477	484	54,50	63,30	8,80
Co2(CO)8	405	405(p)	471	479	53,68	63,05	9,37
Co2(CO)10	430	434	515	518	60,12	65,00	4,88
Ni(CO)	284	287		299	23,94	54,05	31,11
Ni(CO)2	297	300	293	318	27,08	55,00	27,92
Ni(CO)3	312	315	318	340	30,72	56,10	25,38
Ni(CO)4	324	312	335(p)	358	33,69	57,00	23,31
Ni(CO)5	337	340	359	378	36,99	58,00	21,01
Ni(CO)6	351	353	381	398	40,30	59,00	18,7
Ni(CO)7	364	367	403	417	43,44	59,95	16,51
Ni(CO)8	377	380	425	437	46,74	60,95	14,21
Ni(CO)9	390	393	447	454	50,04	61,95	11,91
Ni(CO)10	408	411	477	484	54,50	63,30	8,8
Ni2(CO)8	405	408	471	479	53,94	63,05	9,11
Ni2(CO)10	432	434	515	518	60,12	65,00	4,88

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рузинов Л.П. Равновесные превращения металлургических реакций / Л.П. Рузинов, Б.С. Гуляницкий. – М.: Металлургия, 1975 – 415 с.
2. Справочник химика. Том 1. – М.: Химия, 1966 – 1070 с.

УДК 544.33

А.П. Коробейников, А.Н. Филин, О.Б. Ключева

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## АНАЛИЗ ЭНТАЛЬПИИ АЛЮМИНАТОВ ПОДГРУППЫ БЕРИЛИЯ

Выполнен анализ энтальпии алюминатов подгруппы бериллия.

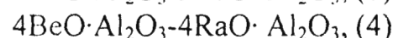
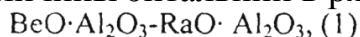
The analysis of an enthalpy aluminium of a subgroup of a beryllium is executed.

Анализ термодинамических свойств алюминатов подгруппы бериллия представляет большой теоретический и практический интерес. Как правило [1], для анализа теплообразования используют справочные, экспериментальные, расчетные константы и сравнивают с энтальпиями однотипных веществ и другими свойствами алюминатов. Например, алюминаты кальция являются основным компонентом шлаковых систем и наиболее подробно описаны в справочной литературе, что послужило основой для дальнейшего изучения и получения прогнозной оценки свойств других веществ.

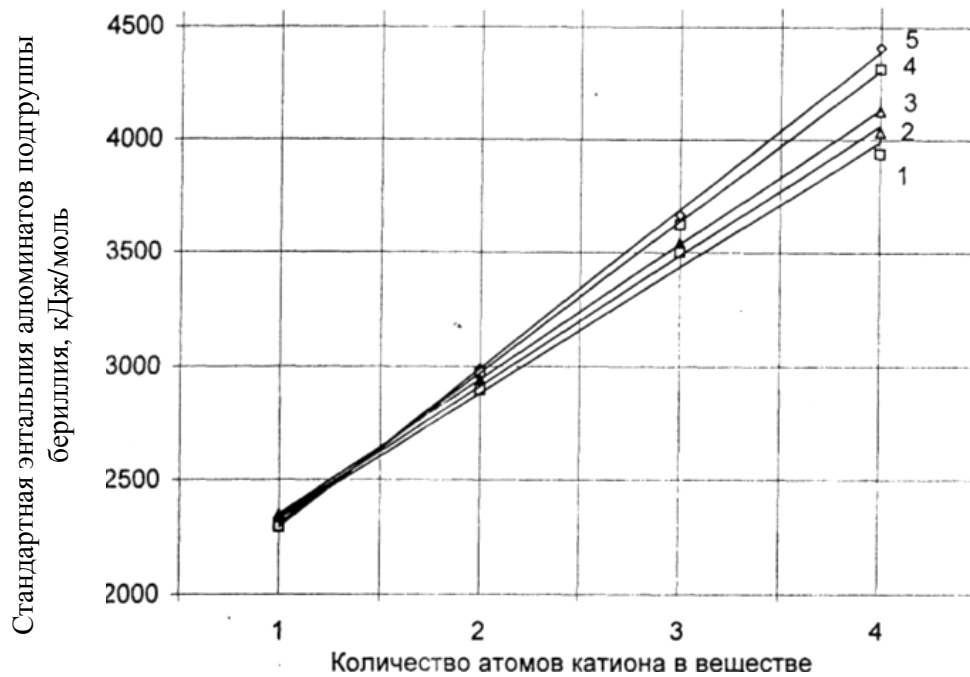
Кроме этого, на основании справочных величин графически установлена линейная взаимосвязь энтальпии с количеством катионов в рядах алюминатов  $\text{MeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 4\text{MeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  для соединений бериллия, радия, кальция, стронция, бария (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что с увеличением количества катионов в молекуле пропорционально возрастает энтальпия. Полученные зависимости в виде прямых расходятся веером из одной точки, а взаимосвязь констант энтальпий с количеством атомов катионов описывается уравнениями. Коэффициенты корреляции однозначно указывают на тесную связь этих характеристик и возможность использования их для прогнозных расчетов.

На рисунке 2 представлена взаимосвязь энтальпии алюминатов бериллия, магния, кальция, стронция, бария, радия с молекулярной массой веществ. Причем увеличение массы сопровождается снижением абсолютной величины энтальпии в рядах



Полученная связь исследуемых свойств описывается уравнениями прямых (рисунок 2).



1	$-\Delta H_{298}^0 = -554,26 \cdot n + 1772,4$	$R^2 = 0,9947$	$\text{RaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
2	$-\Delta H_{298}^0 = -574,24 \cdot n + 1763,1$	$R^2 = 0,9986$	$\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
3	$-\Delta H_{298}^0 = -594,21 \cdot n + 1753,7$	$R^2 = 1,000$	$\text{SrO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
4	$-\Delta H_{298}^0 = -666,94 \cdot n + 1637,2$	$R^2 = 0,9999$	$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
5	$-\Delta H_{298}^0 = -699,2 \cdot n + 1592,7$	$R^2 = 0,9995$	$\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Рисунок 1 – Зависимость энтальпии алюминатов подгруппы бериллия от количества атомов катиона в соединении

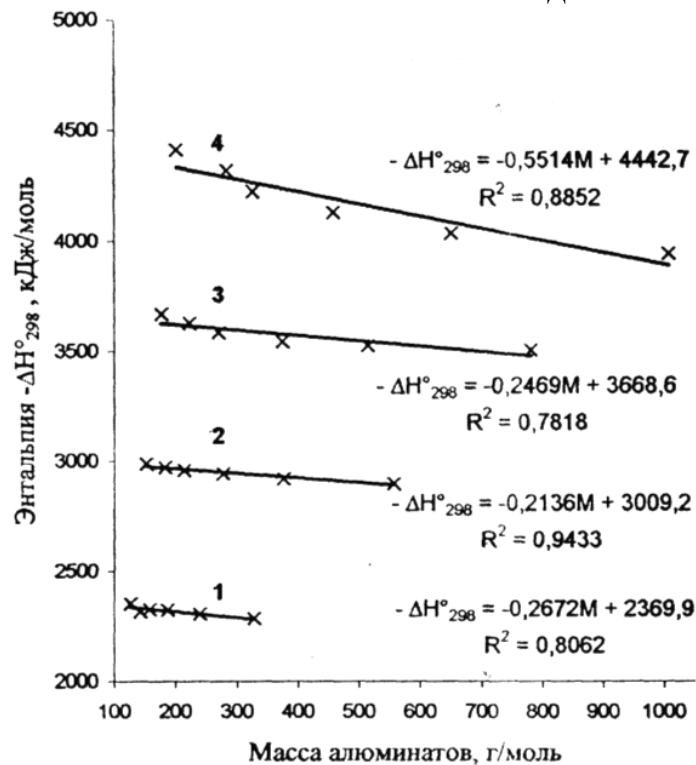
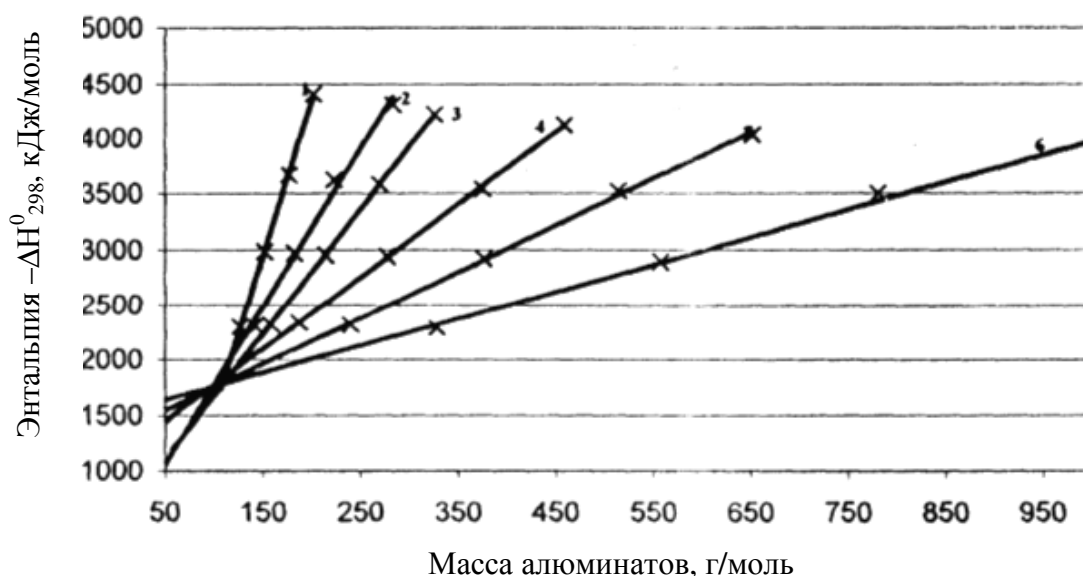


Рисунок 2 – Взаимосвязь массы алюминатов подгруппы бериллия с энтальпией

Кроме этого, установлена взаимосвязь энтальпии алюминатов подгруппы бериллия с массой, увеличение количества катионов в молекулах от единицы до четырех сопровождается ростом абсолютной величины теплоты образования.

Графически такая связь характеризуется очередным веером прямых, исходящих из одной точки (рисунок 3). Результаты математической обработки позволили получить уравнения прямых линий. Коэффициенты корреляции для всех уравнений близки к 1.

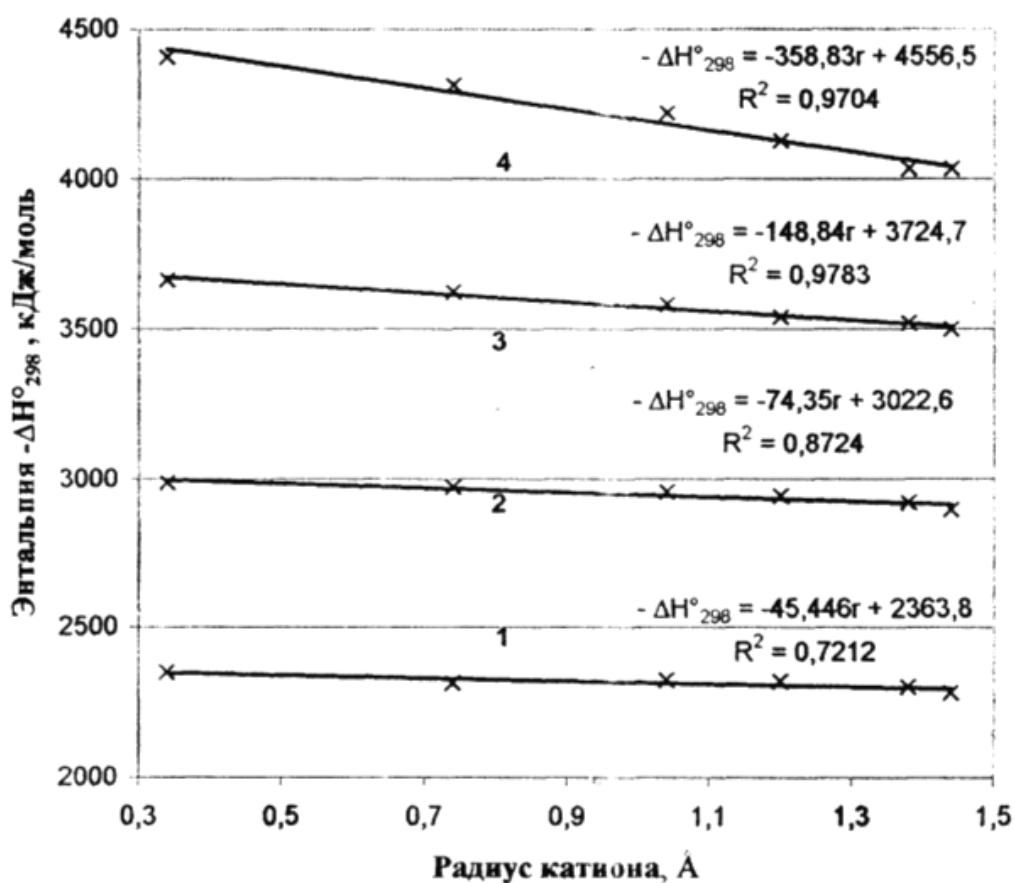
Из полученных уравнений наблюдается взаимосвязь энтальпии алюминатов с ионным радиусом катиона (рисунок 4).



1	$-\Delta H^0_{298}=14,262 \cdot M+341,53$	$R^2=0,9995$	алюминаты бериллия
2	$-\Delta H^0_{298}=11,254 \cdot M +548,73$	$R^2=0,9911$	алюминаты магния
3	$-\Delta H^0_{298}=11,254 \cdot M +548,73$	$R^2=1,000$	алюминаты кальция
4	$-\Delta H^0_{298}=6,5253 \cdot M +1121,8$	$R^2=0,9994$	алюминаты стронция
5	$-\Delta H^0_{298}=4,1823 \cdot M +1336,5$	$R^2=0,9986$	алюминаты бария
6	$-\Delta H^0_{298}=2,4559 \cdot M +1518,2$	$R^2=0,9948$	алюминаты радия

Рисунок 3 – Взаимосвязь массы алюминатов подгруппы бериллия с энтальпией





алюминаты: 1 –BeO–RaO, 2 – 2MgO–2RaO, 3 – 3CaO–3RaO, 4baO–4RaO

Рисунок 4 – Взаимосвязь энтальпии с ионным радиусом катиона

Установлено [2], что с увеличением радиуса катиона незначительно снижается абсолютная величина энтальпии в рядах алюминатов  $MeO \cdot Al_2O_3$  –  $4MeO \cdot Al_2O_3$  (5). Математически взаимосвязи этих свойств определяются линейными уравнениями.

Выводы.

1. Графическим методом установлена взаимосвязь стандартной энтальпии алюминатов подгруппы бериллия с массой веществ, ионным радиусом катионов, количеством катионов в соединениях.

2. Представленные графические и математические уравнения могут быть использованы для прогнозной оценки физико-химических свойств алюминатов подгруппы бериллия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рузинов Л.П. Равновесные превращения металлургических реакций./ Л.П. Рузинов, Б.С. Гуляницкий. – М.: Металлургия, 1975. – 415 с.

2. Справочник химика. Том 1. – М.: Химия, 1966. – 415 с.

**ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ  
И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

УДК 661.655'685

Г.В. Галевский, В.В. Руднева

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЧАСТИЦ ТУГОПЛАВКИХ КАРБИДОВ В ПРОЦЕССАХ ПЛАЗМЕННОГО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СИНТЕЗА

Исследованы закономерности формирования частиц карбидов ванадия, кремния, титана, хрома, циркония в процессах плазменного восстановительного синтеза.

The regularities of particles' formation of carbide in plasma reducing synthesis processes are examined.

### **Анализ процессов, протекающих в парогазовой реакционной смеси при ее охлаждении**

Реализуемый обычно при плазменном синтезе режим охлаждения охватывает зоны потока, существенно отличающиеся по тепловым и газодинамическим условиям. Это позволяет предположить и различные механизмы формирования в них нанодисперсных частиц тугоплавких соединений. Распространяя на процессы, протекающие в условиях, когда

$$T_p(\tau) \gg T_{пл.}(d), \quad (1)$$

$T_p(\tau)$  и  $T_{пл.}(d)$  – соответственно температура реагирующей смеси в момент времени  $\tau$  и температура плавления частицы диаметром  $d$ , развитые в [1] положения об объемной конденсации частиц аэрозольного размера, основанные на представлении о гетерогенной структуре пересыщенного пара, зародышеобразовании кластерным путем с участием нейтрального газа в качестве переносчика энергии и росте частиц коагуляцией кластеров, а также используя данные термодинамического анализа соответствующих карбидообразующих систем, свидетельствующие об устойчивости одноатомных паров металлов, можно предположить протекание процесса формирования карбидных частиц через стадию образования кластеров металлов. При этом внесение углерода в растущие частицы может происходить как в результате поверхностных реакций продуктов термического распада углеводородов при совместном осаждении металла и углерода, так и в результате диффузии углерода в массу сформировавшейся металлической частицы, причем последний путь представляется не менее достоверным особенно ввиду известного размерного эффекта коэффициента диффузии в малых частицах [2].

При понижении температуры следует ожидать дальнейшего роста частиц. Можно предположить, что в условиях, когда

$$T_p(\tau) \geq T_{пл.}(d) \quad (2)$$

формирование дисперсного состава целевых продуктов будет определяться закономерностями процесса капельно-жидкой коагуляции. Поскольку взаимодействие частиц с размером 5-1000 нм в потоке с температурой 4000-1000 К при давлении порядка 0,1 МПа может рассматриваться при значениях чисел Кнудсена более 10 как свободномолекулярное, то дисперсный состав получаемого порошка может быть оценен, исходя из асимптотических решений уравнений коалесценции [1]. В этом случае средний размер  $\bar{d}$  частиц определяется соотношением:

$$\bar{d} = A (c_0 \cdot T^{-0,5} \cdot \tau)^{0,33}, \quad (3)$$

где  $c_0$  – массовая доля конденсированного компонента,  $\tau$  – время,  $T$  – температура осаждения;  $A$  – коэффициент, зависящий от физических свойств конденсированной фазы.

При температурах  $T_p(\tau) < T_{пл.}(d)$  следует ожидать изменения характера коагуляции с капельно-жидкого на агрегативный. Зона коагуляции обычно ограничивается условной изотермой  $0,7 T_{пл.}$  [3]. При коагуляции возможно увеличение среднего размера частиц за счет их спекания. Однако теоретическая оценка этого эффекта может быть проведена лишь при известных кинетических характеристиках и их сопоставлении с реальным временем пребывания нанодисперсной системы в реакционной зоне. Поэтому определенный научный и практический интерес представляет статистическая обработка известных результатов экспериментальных исследований макрокинетики формирования частиц металлов и тугоплавких соединений в зоне коагуляции, выполненная в виде зависимости:

$$\bar{d} = A \cdot T^{-m}, \quad (4)$$

свидетельствующая (таблица 1) об усилении влияния температуры на процессы коагуляции при переходе от капельно-жидкого режима к агрегативному. При этом линейная скорость роста частиц составляла порядка  $(0,2-1,2) \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , а достигаемый уровень дисперсности не превышает 80-100 нм, что позволяет говорить о трансформации в рассматриваемой зоне ультрамалых частиц в высокодисперсные.

Проведенный анализ свидетельствует о недостаточной изученности физико-химических явлений, определяющих процессы образования конденсированных фаз, особенно тугоплавких карбидов, что определяет сугубо оценочный характер результатов их теоретического моделирования и делает эмпирический подход в настоящее время наиболее информативным методом исследования, выявляющим основные факторы, управляющие дисперсностью. Представляется, что при реализации применяемого способа охлаждения реакционной смеси таким фактором является в первую очередь температура потока, поскольку другой важный фактор – массовая концентрация в потоке конденсата – в процессах плазменной переработки

малолетучего оксидного сырья всегда поддерживается близкой к максимальному. Поэтому исследование макрокинетики и механизма роста частиц в высокотемпературном газовом потоке, включающее изучение морфологии частиц, распределения их по размерам и температурной зависимости среднего размера, представляет важную научно-техническую задачу, требующую обязательного решения при разработке и освоении новых процессов плазменного синтеза.

Таблица 1 – Характер температурной зависимости среднего размера частиц различных веществ при их росте в высокотемпературном газовом потоке

Вещество	Температурный интервал, К	Изменение $\bar{d} \cdot 10^9$ , м	Коэффициенты в уравнении $\bar{d} = A \cdot T^{-m}$		Источники информации
			A	m	
Ni	2200-800	70-121	$(2,413 \pm 0,559) \cdot 10^{-6}$	$0,451 \pm 0,090$	[4]
W	3000-2200	30-46	$(1,023 \pm 0,246) \cdot 10^{-4}$	$1,423 \pm 0,297$	[4]
W	2300-1800	43-85	$40,231 \pm 5,112$	$2,401 \pm 0,554$	[5]
Si+Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	2200-1650	28-59	$(0,924 \pm 0,193) \cdot 10^{-4}$	$1,304 \pm 0,251$	[5]

### Макрокинетика и механизм роста частиц тугоплавких карбидов в высокотемпературном газовом потоке

Для исследования закономерностей роста частиц карбидов в условиях плазменного потока в области температур, ограниченных температурами плавления, применялся метод зондового отбора порошковых проб из различных температурных зон канала реактора, ограничивающего плазменный поток, описанный в [6]. На каждом уровне при перемещении зонда с шагом  $5 \cdot 10^{-3}$  м отбиралось не менее 25 проб, которые исследовались методом БЭТ и электронной просвечивающей микроскопии. Анализ гранулометрического состава порошковых проб проводился методом статистического обсчета фотографий. При этом средний диаметр частиц определялся как математическое ожидание распределения, а в остальных случаях – по величине удельной поверхности.

Распределение частиц по размерам, приведенное для карбида ванадия на рисунке 1, характеризуется отсутствием переднего крутого фронта, свойственного дисперсной фазе, образующейся путем гомогенной нуклеации [7]. Однако это не исключает возможность формирования системы по механизму гомогенного зародышеобразования в условиях сильного пере-

сыщения паров реагентов [8], а наблюдаемая полидисперсность систем может быть объяснена влиянием гетеромолекулярных центров конденсации, которые могут рассматриваться как центры гетерогенной нуклеации [9].

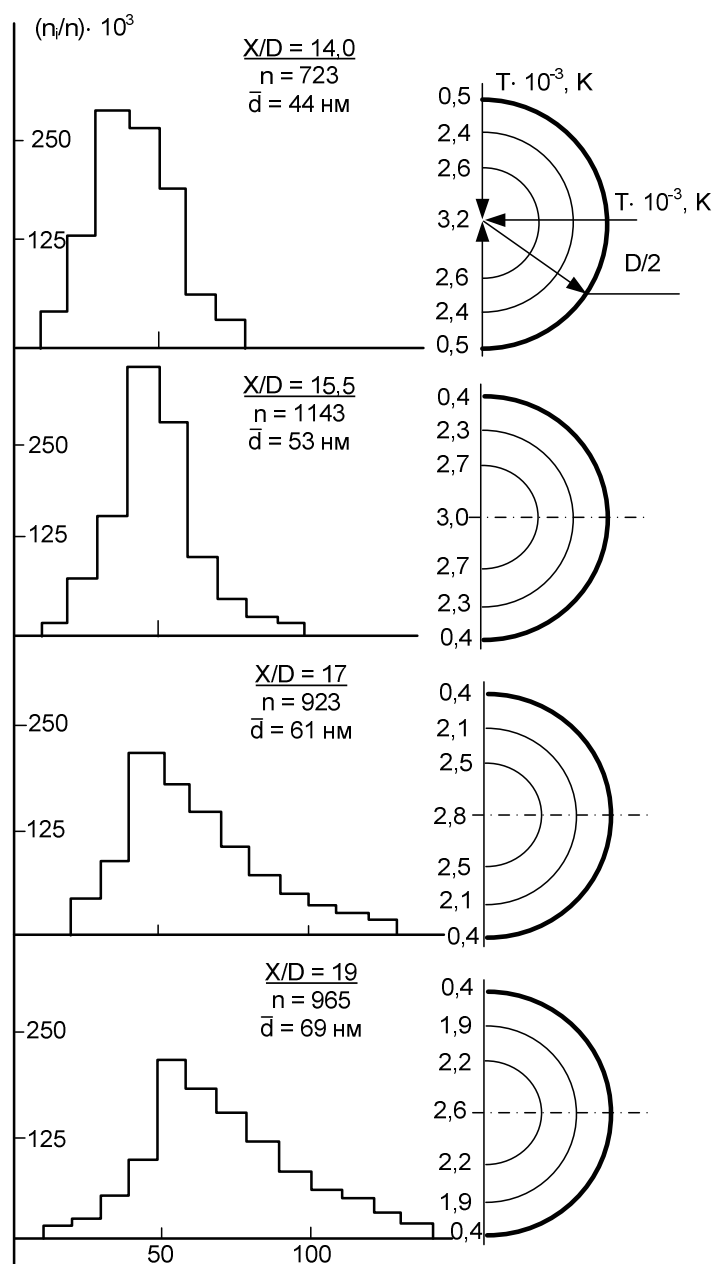


Рисунок 1 – Дифференциальное распределение по размерам частиц карбида ванадия

Дальнейший рост частиц осуществляется преимущественно по механизму жидко-капельной коагуляции, о чем свидетельствует форма частиц, близкая к сферической. Исключение составляет лишь карбид кремния, осаждаемый в виде частиц гранных форм, что свидетельствует об образовании их по механизму «пар – кристалл». Высота кристаллов, определенная по методу «тени», достигает 30-50 нм. Частицы всех синтезированных

карбидов представляют собой монокристаллы, поскольку их средние размеры, определенные различными методами, и численные значения областей когерентного рассеяния близки.

Во второй зоне происходит рост карбидных частиц, приводящий к их дальнейшему укрупнению. При этом по длине исследуемой температурной зоны средний размер частиц возрастает, а линейная скорость роста падает (рисунок 2). Линейная скорость роста частиц максимальна у металлоподобных карбидов и составляет  $(4,2-12) \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  и близка к нулю у карбида кремния, т.е. укрупнение частиц карбида кремния в исследуемом интервале температур не наблюдается.

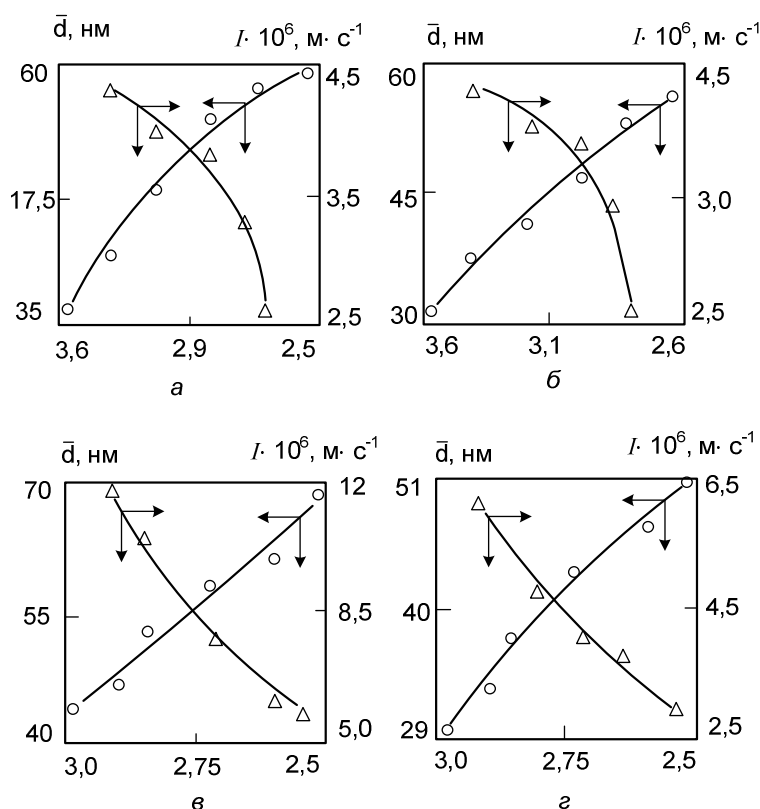


Рисунок 2 – Зависимость среднего диаметра частиц и линейной скорости их роста от температуры потока для карбидов титана (а), циркония (б), ванадия (в), хрома (г)

Средний размер частиц изменяется с температурой для карбидов по закону:

$$\bar{d} \sim T^{-(1,8 \div 2,96)} \quad (5)$$

(таблица 2). Подобный характер температурной зависимости достаточно хорошо согласуется с основными положениями теории твердофазного спекания тугоплавких соединений, устанавливающими корреляцию между способностью к спеканию, природой соединения, определяемой преобла-



дающим типом химической связи, и размерными характеристиками системы [10].

Таблица 2 – Характер температурной зависимости среднего размера частиц карбидов при их росте в газовом потоке

Соединение	Температурный интервал, К	Изменение $\bar{d}$ , нм	Коэффициенты в уравнении $\bar{d} = A \cdot T^{-m}$	
			A	m
Ti(C, N)	3300-2500	37-61	0,085±0,005	1,81±0,361
Zr(C, N)	3600-2600	31-57	0,418±0,016	2,16±0,451
V(C, N)	3000-2500	44-69	22,0±0,81	2,52±0,560
Cr <sub>3</sub> (C, N) <sub>2</sub>	3000-2500	29-51	826±35,1	2,96±0,436

Наблюдаемое во второй зоне укрупнение частиц сопровождается изменением гранулометрического состава порошков карбидов, о чем свидетельствует анализ гистограмм порошковых проб карбида ванадия, отобранных из канала реактора при различных температурах потока (рисунок 1). Отмечается смещение максимумов распределения в сторону больших размеров. Распределение характеризуется также ассиметрией со стороны больших размеров, усиливающейся по мере снижения температуры. Подобный характер эволюции распределения свидетельствует о преимущественном росте частиц по механизму агрегативной коагуляции, а экспериментально установленный факт стабильности агрегатов, не разрушающихся при воздействии ультразвука, позволяет предположить протекание в них процессов спекания.

### Заключение

Образование нанодисперсных частиц тугоплавких карбидов происходит через стадию формирования металлического аэрозоля, реализуемого в условиях сильного пересыщения паров реагентов и происходящего по механизму гомогенного зародышеобразования. Наблюдаемая полидисперсность систем может быть объяснена влиянием гетеромолекулярных центров конденсации. Дальнейший рост частиц осуществляется преимущественно по механизму жидкокапельной коагуляции, о чем свидетельствует форма частиц синтезированных карбидов, близкая к сферической. Лишь частицы карбида кремния, осаждаемые по механизму «пар - кристалл», имеют ограненную форму. При температурах ниже температуры плавления (возгонки) происходит дальнейший рост карбидных частиц по механизму агрегативной коагуляции, приводящей к их укрупнению. Ли-

нейная скорость роста частиц составляет у металлоподобных карбидов  $(4,2-12) \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  и близка к нулю у карбида кремния. Средний размер частиц изменяется с температурой для карбидов по закону:

$$\bar{d} \sim T^{-(1,8 \div 2,96)}$$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лушников А.А. Современное состояние теории гомогенной нуклеации / А.А. Лушников, А.Г. Сутугин // Успехи химии. – 1976. – Т. 45. – № 3. – С. 385-415.
2. Размерная зависимость диффузии в малых частицах / С.П. Чижик [и др.] // Физикохимия и технология дисперсных порошков: сб. науч. тр.: ИПМ АН УССР. – Киев, 1984. – С. 121-125.
3. Фришберг И.В. Закономерности образования металлических порошков при конденсации пара / И.В. Фришберг // Свойства и применение дисперсных порошков: сб. науч. тр. – Киев: Наук. думка, 1986. – С. 3-13.
4. Алексеев Н.В. Управление дисперсностью металлических порошков, получаемых в струйном плазмохимическом реакторе / Н.В. Алексеев, М.И. Гречиков // Плазменные процессы в химической промышленности: сб. науч. тр.: ИНХП АН СССР. – Черноголовка, 1987. – С. 54-72.
5. Пегов В.С. Механизм роста субмикронных частиц вольфрама и нитрида кремния в высокоэнтальпийных газовых потоках / В.С. Пегов, И.В. Евгенов // Физикохимия ультрадисперсных систем: сб. науч. тр. – М.: Наука, 1987. – С. 180-186.
6. Руднева В.В. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния: монография: в 3 т. / В.В. Руднева. Дополнительный том: Плазмометаллургическое производство карбида кремния: развитие теории и совершенствование технологии. – М.: Флинта : Наука, 2008. – 387 с.
7. Сутугин А.Г. Кинетика образования малых частиц при объемной конденсации / А.Г. Сутугин // Физикохимия ультрадисперсных систем: сб. науч. тр. – М.: Наука, 1987. – С. 15-20.
8. Формы роста ультрадисперсных порошков в плазмохимических реакциях / М.И. Айвазов [и др.] // Порошковая металлургия. – 1981. – № 3. – С. 1-5.
9. Каламазов Р.У. Высокодисперсные порошки вольфрама и молибдена / Р.У. Каламазов, Ю.В. Цветков, А.А. Кальков. – М.: Металлургия, 1988. – 192 с.
10. Кузенкова М.А. Спекание дисперсных порошков тугоплавких соединений / М.А. Кузенкова // Экстремальные процессы в порошковой металлургии: сб. науч. тр.: ИСМ АН УССР. – Киев, 1986. – С. 43-47.

УДК 661.65

И.В. Ноздрин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева, И.А. Журавлева  
ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк

## СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ДИБОРИДА ХРОМА

Исследованы термодинамика и технологические условия синтеза нанодисперсного диборида хрома углеродородным восстановлением оксида в присутствии бора в плазменном потоке азота, кристаллическая структура, размер частиц, термоокислительная устойчивость на воздухе и коррозионная стойкость. Показана целесообразность использования нанодисперсного диборида хрома в составе износостойких композиционных электрохимических покрытий.

The thermodynamics, the synthesis technology, properties and application of the nanopowder of chromium boride are examined.

Бориды переходных металлов благодаря уникальному комплексу физико-химических свойств находят широкое применение во многих отраслях современной техники. Особый интерес представляют нанодисперсные порошки (НДП) этих соединений [1].

Цель настоящей работы – исследование возможности получения НДП диборида хрома при восстановлении оксида пропаном в присутствии бора в азотной плазме, изучение некоторых физико-химических свойств полученного диборида, а также исследование возможности применения НДП диборида хрома для нанесения композиционных электрохимических покрытий.

### **Синтез НДП диборида хрома**

С целью прогнозирования оптимальных условий синтеза проведен термодинамический анализ системы Cr – O – C – B – H – N. Равновесные составы продуктов восстановления рассчитывались «константным» методом в интервале температур 500 – 5900 К при общем давлении в системе 101,3 кПа. В результате расчетов установлено, что максимальный выход диборида хрома достигается при стехиометрическом соотношении компонентов для реакции в достаточно широком интервале температур: 2100 – 3400 К. При температуре 2100 К и ниже становятся термодинамически возможными процессы нитридо- и карбидообразования, что приводит к появлению в конденсированных продуктах нитрида бора и карбида хрома. При избытке бора несколько расширяется температурная область существования диборида, но в продуктах появляется свободный бор.

Экспериментальное исследование плазменного восстановительного синтеза диборида хрома проводилось в дуговом трехструйном реакторе, подробно описанном в [2]. Для синтеза использовались: оксид хрома (III) марки ОХМ-1 крупностью 5 мкм; бор аморфный (ТУ 6-02-923-74) с размером частиц 2 мкм; пропан технический; азот газообразный (ГОСТ 9293-74). Смеси порошков оксида и бора готовились путем их перемешивания мокрым способом в ацетоне. Конденсированные продукты восстановления подвергались рентгеновскому и химическому анализу. Также различными методами определялась дисперсность порошков.

В предварительных экспериментах была установлена возможность получения диборида хрома, однако содержание его в продуктах синтеза не превышало 50 % масс. В связи с этим проведена оптимизация процесса получения диборида хрома с привлечением метода направленного планирования эксперимента [3] и реализацией полуреплики полного факторного эксперимента  $2^5$ . Исследовалось влияние на содержание в продуктах синтеза диборида хрома следующих факторов (в скобках указаны интервалы варьирования): X1 – длина реактора, определяющая температуру начала закалки продуктов синтеза (5 и 7,6 калибров); X2 – начальная температура плазменного потока, определяемая мощностью дугового разряда (4300 и 5200 К); X3 – количество пропана, вводимого в плазменный поток (70 и 100 % от стехиометрически необходимого для восстановления оксида до металла); X4 – содержание бора в исходной смеси (100 и 115 % от стехиометрически необходимого для образования диборида хрома); X5 – количество вводимого в поток водорода (0 и 1,5 г/мин). Во всех экспериментах постоянными поддерживались следующие параметры: массовый расход порошковой смеси –  $0,3 \pm 0,001$  г/с; внутренний диаметр реактора – 0,046 м; расход газа теплоносителя (азот) –  $3,3 \pm 0,3$  г/с. Закалка продуктов восстановления осуществлялась за счет адиабатического расширения пылегазового потока при выходе его из реактора.

Установлено, что максимальное содержание  $\text{CrB}_2$  в продуктах синтеза достигается при следующих условиях: начальная температура плазменного потока – 5500 К; температура закалки – 2900 К; 90-процентное от стехиометрически необходимого на восстановление оксида до металла количество восстановителя; стехиометрическое на образование диборида содержание бора в шихте. При этих условиях был изучен диборид хрома с общим содержанием примесей (O, N,  $V_{\text{своб.}}$ ,  $C_{\text{своб.}}$ ) 4 – 7 % масс.

Размер частиц диборида хрома оценивался следующими методами: по удельной поверхности, определенной методом БЭТ; по величине областей когерентного рассеяния; по электронным микрофотографиям, выполненным способом одноступенчатой угольной реплики; турбидиметрией. Полученные результаты приведены в таблице 1.

### **Исследование физико-химических свойств диборида хрома**

Исследование физико-химических свойств полученного диборида заключалось в определении параметров кристаллической решетки НДП, термо-

окислительной устойчивости диборида на воздухе и коррозионной стойкости его в растворах кислот.

Таблица 1 – Размер частиц диборида хрома

Метод определения	Размер частиц, нм
По удельной поверхности	40-60
По блокам когерентного рассеяния	50
По электронным микрофотографиям	30-50
Методом турбидиметрии	60-80

Расчет параметров решетки проводился по методике, приведенной в [4]. Вычисленные параметры составили, нм:  $a = 0,2964$ ,  $c = 0,3131$ , что достаточно хорошо согласуется с литературными данными [1].

Термоокислительная устойчивость на воздухе исследовалась высокотемпературным рентгенофазовым и термогравиметрическим анализами в интервале температур 473 – 1273 К. Параллельно проводились исследования НДП диборида хрома и диборида хрома, полученного магниитермическим способом крупностью 15 мкм. Установлено, что окисление НДП диборида начинается при температуре 703 К, что на 50 градусов ниже, чем у диборида стандартной гранулометрии. Определить фазовый состав продуктов окисления для НДП диборида хрома не представлялось возможным ввиду рентгеноаморфности продуктов окисления.

Коррозионная стойкость НДП диборида хрома исследовалась в кипящих растворах кислот «порошковым» методом. Полученные результаты приведены в таблице 2. При сравнении с данными, приведенными в [5, 6], можно отметить, что НДП диборида хрома обладает более высокой химической активностью, чем крупнозернистый порошок.

Таблица 2 – Устойчивость нанодисперсного порошка диборида хрома в кипящих растворах кислот (время обработки 2 часа)

Кислота	Концентрация кислоты					
	1:1	1:2	1:4	1:6	1:8	1:10
	Нерастворимый остаток, %					
HCl	2,1	2,5	5,0	5,4	6,7	9,1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,3	5,0	5,8	8,3	9,1	10,8
HNO <sub>3</sub>	10,0	10,8	13,3	13,3	15,0	15,8

### **Исследование возможности применения НДП диборида хрома в композиционных электрохимических покрытиях (КЭП)**

Исследование возможности применения НДП диборида хрома в качестве второй фазы при нанесении КЭП предпринято в связи с тем, что в [7] показана технологическая и экономическая целесообразность применения порошков такой дисперсности по сравнению со стандартными микропорошками.

Опыты проводились в электролите состава, кг/м<sup>3</sup>: сернокислый никель (семиводный) – 245; хлористый никель (шестиводный) – 30; аминокислотная кислота – 20. Содержание CrV<sub>2</sub> в покрытиях определялось весовым способом. Микротвердость КЭП измерялась на образцах с толщиной слоя 30 мкм при нагрузке 100 г.

Изучалось влияние на микротвердость концентрации CrV<sub>2</sub> в электролите и катодной плотности тока.

КЭП никель – диборид хрома хорошего качества с толщиной слоя до 200 мкм образуется в интервале катодной плотности тока от 2 до 4 кА/м<sup>2</sup>, значениях рН электролита 2,2 – 2,5, температуре 50 °С, концентрации НДП диборида хрома в электролите 2 – 15 кг/м<sup>3</sup> и непрерывном перемешивании электролита. При этом выход по току составлял 80 %. Микротвердость покрытия при этих условиях в 1,5 – 2 раза выше микротвердости никелевой матрицы, что позволяет предположить хорошую работоспособность таких покрытий в условиях повышенного износа. При использовании промышленного микропорошка диборида хрома покрытия с такой же микротвердостью могут быть получены лишь при концентрациях 30 – 120 кг/м<sup>3</sup>.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самсонов Г.В. Бориды / Г.В. Самсонов, Т.И. Серебрякова, В.А. Неронов. – М.: Атомиздат, 1976. – 386 с.
2. Руднева В.В. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния: монография: в 3 т. / В.В. Руднева. Дополнительный том: Плазмометаллургическое производство карбида кремния: развитие теории и совершенствование технологии. – М.: Флинта : Наука, 2008. – 387 с.
3. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.Б. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
4. Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля / Д. Брандон, У. Каплан. – М.: Техносфера, 2006. – 384 с.
5. Марковский Л.Я. О химической стойкости и о гидролитическом разложении диборидов некоторых переходных металлов при взаимодействии с кислотами / Л.Я. Марковский, Г.В. Канутовская // Журнал прикладной химии. – 1960. – Т. 33. – Вып. 3. – С. 569-577.
6. Модылевская К.Д. Стойкость боридов переходных металлов против действия кислот и щелочей / К.Д. Модылевская, Г.В. Самсонов // Украинский химич. журнал. – 1959. – Т. 25. – Вып. 1. – С. 55-61.
7. Полях О.А. Плазмометаллургическое производство карбида кремния для композиционного никелирования и хромирования / О.А. Полях, В.В. Руднева. – М.: Флинта : Наука, 2006. – 188 с.

УДК 667.655

И.В. Ноздрин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева, И.А. Журавлева  
ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НИКЕЛЬ – ДИБОРИД ХРОМА

Исследованы внутренние напряжения, коррозионные характеристики и износостойкость композиционного материала на основе никеля с нанодисперсным порошком диборида хрома, полученного плазмометаллургическим синтезом, и микропорошком. Установлены более высокие эксплуатационные свойства и перспективность применения нанодисперсного порошка диборида хрома по сравнению с микропорошком в технологии композиционного упрочнения.

The properties of composite material of chromium nickel-boride are examined.

Бориды переходных металлов широко используются в современной науке и технике. В настоящее время сформировалась новая перспективная область применения этих соединений – получение износо- и жаростойких композиционных материалов (КМ) на основе осаждаемых гальванически никеля, хрома и др. КМ значительно превосходят по твердости, износостойкости и жаропрочности материал матрицы и используются для упрочнения технологической оснастки, режущего инструмента и деталей со сложным микрорельефом поверхностей [1]. Для получения композиционных материалов применяются порошки стандартной гранулометрии, не отвечающие требованиям технологии композиционного упрочнения по дисперсности и фазовому составу. Плазмометаллургический синтез нанодисперсных порошков (НДП) тугоплавких боридов позволяет полностью удовлетворить эти требования. Однако свойства КМ, содержащих НДП тугоплавких боридов, практически не изучены. В связи с этим в работе исследованы основные эксплуатационные характеристики (внутренние напряжения, коррозионные свойства, износостойкость) композиционного материала на основе никеля с НДП диборида хрома  $\text{CrB}_2$  крупностью 50-70 нм, полученным плазмометаллургическим синтезом. Для сравнения изучены свойства КМ с микропорошком  $\text{CrB}_2$  крупностью 15 нм и никелевой матрицы.

Внутренние напряжения определялись оптическим методом с помощью гибкого катода. Коррозионные свойства КМ оценивались по величине токов коррозии и скорости газовой коррозии при нагревании образцов на

воздухе [2]. Износостойкость КМ определялась в условиях сухого трения. В качестве контртела использовался шар диаметром 0,014 м, выполненный из стали ШХ-15 и закаленный до твердости 40 HRC. Скорость вращения контртела составляла 2 об/с, а нагрузка – 0,8 Н. Износостойкость и скорость газовой коррозии изучались на образцах толщиной 40 мкм.

Исследуемые образцы получены из стандартного электролита никелирования [3]. При получении КМ с нанодисперсным порошком концентрация  $\text{CrB}_2$  в электролите составляла 5 – 10  $\text{кг/м}^3$ , с микропорошком – 60 – 80  $\text{кг/м}^3$ . Микротвердость КМ НДП  $\text{CrB}_2$  – Ni составляла 4,38-4,69 ГПа при содержании борида 0,59 – 0,65 % масс., микропорошка  $\text{CrB}_2$  – Ni – 3,76 – 3,93 при 2,47 – 2,86 % масс. Микротвердость никелевой матрицы изменялась в пределах 2,36 – 2,48 ГПа.

Результаты измерения внутренних напряжений КМ и коррозионных токов приведены в таблице.

Таблица – Зависимость внутренних напряжений и токов коррозии от толщины КМ

Толщина, мкм	Внутренние напряжения, МПа			Токи коррозии ( $i_{\text{кор.}}$ ), $\text{мкА/см}^2$		
	Ni – НДП $\text{CrB}_2$	Ni – $\text{CrB}_2^*$	Ni	Ni – НДП $\text{CrB}_2$	Ni – $\text{CrB}_2^*$	Ni
5	3,87	5,76	9,72	0,086	0,179	0,304
10	1,63	3,06	7,06	0,072	0,161	0,265
20	0,66	1,49	3,74	0,043	0,139	0,205
30	0,41	0,72	1,36	0,019	0,103	0,173
40	0,29	0,53	1,07	0,013	0,059	0,167
* Микропорошок						

Можно видеть, что с увеличением толщины образцов внутренние напряжения в них уменьшаются. Включение дисперсных частиц в матрицу также приводит к снижению внутренних напряжений, особенно при использовании диборида хрома плазмометаллургического синтеза. Так, если при толщине 40 мкм композиционный материал с микропорошком  $\text{CrB}_2$  имеет внутренние напряжения в 2 раза меньше, чем у чистого никеля, то с нанодисперсными частицами – в 3,69 раза. Этот эффект, по-видимому, объясняется образованием более мелкозернистой структуры КМ за счет равномерно распределенных в нем частиц дисперсной фазы. Внедрение большего количества частиц микропорошка по сравнению с НДП приводит к неравномерной деформации матрицы, захватывающей большие группы зерен, и, как следствие этого, к повышению внутренних напряжений и к снижению коррозионных характеристик [1].

Пористость композиционных материалов оценивалась по значениям токов коррозии ( $i_{\text{кор.}}$ ). Из таблицы видно, что коррозионные токи, а, следовательно, и пористость снижаются с ростом толщины образцов. Кроме того, величина  $i_{\text{кор.}}$ , возникающих в композиционных материалах, намного мень-



ше, чем в никелевой матрице. При толщине КМ 40 мкм, полученного при использовании микропорошка борида, значение коррозионного тока в нем почти в 2 раза меньше, чем в чистом никеле, а в случае применения порошка диборида хрома плазмометаллургического синтеза – почти в 11 раз, что свидетельствует об образовании практически безпористых КМ НДП  $\text{CrB}_2 - \text{Ni}$ , обеспечивающих высокие защитные свойства. Это подтверждается результатами исследования термоокислительной устойчивости покрытий на воздухе, приведенными на рисунках 2, 3. Видно, что ход кривых зависимости увеличения массы образцов от времени (рисунок 1) как никеля, так и композиционного материала, описывается параболическим законом. Это можно объяснить образованием на поверхности образцов сплошной защитной оксидной пленки, приводящей с увеличением времени к снижению скорости окисления. Жаростойкость композиционного материала, включающего НДП диборида хрома, значительно превосходит жаростойкость никелевой матрицы. Увеличение массы никелевых образцов через 1,5 часа при температуре 873 К в 4,12, при 973 К в 5,07 и при 1073 К в 2,43 раза больше, чем для КМ НДП  $\text{CrB}_2 - \text{Ni}$ . На рисунке 2 приведены зависимости скорости окисления образцов от температуры. Показано, что с повышением температуры скорость окисления для всех исследуемых материалов увеличивается, причем для композиционных материалов зависимость более крутая. Однако даже в этом случае при температуре 1173 К через 0,5 ч скорость окисления для КМ с диборидом хрома плазмометаллургического синтеза значительно меньше, чем у матрицы и КМ с микропорошком, что свидетельствует о более высокой устойчивости его к газовой коррозии.

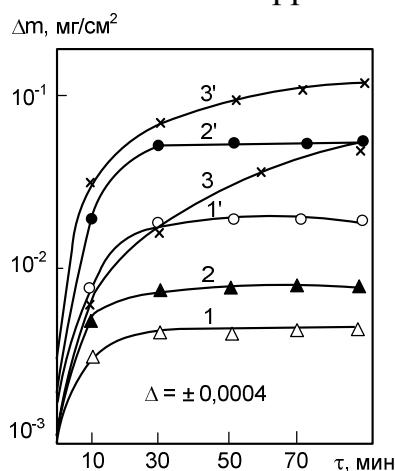


Рисунок 1 – Увеличение массы образцов при нагревании на воздухе КМ Ni – НДП  $\text{CrB}_2$  (1, 2, 3) и Ni (1', 2', 3') при температуре соответственно 873, 973 и 1073 К

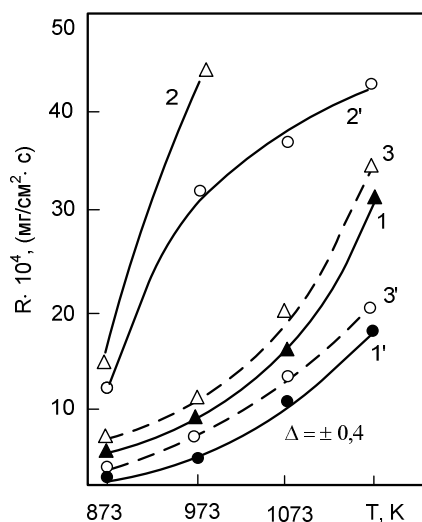


Рисунок 2 – Зависимость скорости окисления на воздухе от температуры КМ Ni – НДП CrB<sub>2</sub> (1, 1'), Ni (2, 2') и КМ Ni – микропорошок CrB<sub>2</sub> (3, 3') соответственно через 10 и 30 минут

Результаты определения износостойкости образцов приведены на рисунке 3, свидетельствующие, что НДП CrB<sub>2</sub> – Ni значительно превосходит по износостойкости сравниваемые материалы.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают перспективность применения нанодисперсного порошка диборида хрома, полученного плазмометаллургическим синтезом, в технологии композиционного упрочнения, по сравнению с микропорошком и позволяют рекомендовать его для защиты деталей, работающих в условиях воздействия абразивного износа и температур.

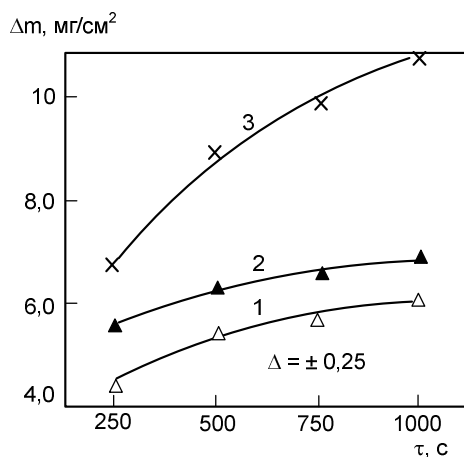


Рисунок 3 – Износостойкость КМ CrB<sub>2</sub> – Ni: 1 – КМ НДП CrB<sub>2</sub> – Ni; 2 – КМ микропорошок CrB<sub>2</sub> – Ni; 3 – Ni

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайфулин Р.С. Неорганические композиционные материалы / Р.С. Сайфулин. – М.: Химия, 1983. – 304 с.
2. Коррозия и защита металлов / М.А. Шлугер [и др.] – М.: Машиностроение, 1985. – 346 с.
3. Стереотипные процессы: Технологические инструкции. – М.: Книга, 1983. – 248 с.

УДК 666.762.14

М.В. Луханин, С.И. Павленко, Е.Г. Аввакумов\*

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

\*Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,  
г. Новосибирск

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА КАК МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ (НА ПРИМЕРЕ ПОЛУЧЕНИЯ МУЛЛИТА)

Для получения нанодисперсных порошков муллита предложена твердофазная обменная реакция хлорида аммония с силикатом натрия в присутствии гидроксида натрия, протекающая при химической активации. Формирование структуры муллита происходит при последующей термической обработке. Проведено сравнение с известным методом получения муллита с применением механической активации смесей гидроксидов (оксидов) алюминия и силикогеля.

For obtaining the nanodispersed powders of mullite the solid-phase exchange reaction of chloride of ammonium with sodium silicate in the presence of hydroxide of sodium, which takes place with the chemical activation, is proposed. The formation of the structure of mullite occurs with the subsequent heat working. Is carried out comparison with the known method of obtaining the mullite with the application of mechanical activation of the mixtures of hydroxides(oxides) of aluminum and silikogel.

Метод механохимической обработки твердых тел давно используется в химии и химической технологии для измельчения и активации химических процессов [1, 2]. Наиболее часто этот метод применяют в твердофазном химическом синтезе. Это связано с тем, что классический твердофазный термический синтез определяется, как правило, медленными диффузионными процессами [3].

В работе проведено исследование механохимического синтеза, как метода получения нанодисперсных частиц сложных оксидов, с целью получения нанодисперсных порошков муллита. Предложена твердофазная обменная реакция хлорида алюминия с силикатом натрия в присутствии гидроксида натрия, изучен процесс формирования структуры муллита, произведено сравнение с действующими методами получения муллита.

Работа выполнялась совместно с ИХТТиМ СО РАН в рамках тематического плана Рособразования Минобрнауки РФ по теме «Исследование механохимического синтеза как метода получения нанодисперсных частиц сложных оксидов и твердых растворов оксидов (фундаментальное научное исследование). Номер госрегистрации НИР: 01200706519.

Муллит является материалом, обладающий хорошими теплотехническими и прочностными характеристиками [4]. Как огнеупорный материал он выдерживает температуры до 1700 °С, имеет достаточно низкие теплопроводность и коэффициент термического расширения, устойчив к воздействию расплавленной стали. Как конструкционный материал муллит характеризуется высокой прочностью на изгиб и сопротивлением к высокотемпературной ползучести вплоть до 1200 °С. Синтез однофазного химически чистого муллита сопряжен со значительными трудностями, главным образом из-за низкой диффузионной подвижности катионов алюминия и кремния через слой муллита, образующегося на границе между частицами исходных оксидов. Даже длительный обжиг реакционной смеси при повышенных температурах не позволяет довести реакцию до конца, снижая, помимо того активность получаемого продукта по отношению к процессу его спекания.

В настоящее время накоплен богатый опыт применения механической активации для синтеза сложных оксидов [5]. Так, предварительная активация смеси реагентов при получении муллита позволяет значительно снизить температуру синтеза и увеличивает степень превращения, а также интенсифицирует спекание образцов, сформованных из активированных порошков [6]. Метод широко использовался для активации алюмосиликатных смесей различного состава. При обработке шихты с различным соотношением компонентов  $Al_2O_3 / SiO_2$  наблюдалось изменение последовательности фазовых превращений по сравнению с необработанными смесями и образование муллита при относительно низких температурах (1280°C) [7, 8]. В работах [9–14] проведены сравнительные исследования по синтезу муллита с применением механической активации в зависимости от природы исходных компонентов. В качестве соединений алюминия были рассмотрены гиббсит (гидраргиллит) и байерит  $Al(OH)_3$ , а соединений кремния – пылевидный (fumed) диоксид кремния, силикагель, кремневая кислота и плавный кварц. Показано, что байерит является более реакционноспособным соединением, чем гиббсит, а среди соединений кремния активность снижается в ряду пылевидный диоксид кремния – силикагель – кремневая кислота – плавный кварц. Снижение активности кремневой кислоты по сравнению с силикагелем авторы объясняют появлением избыточной воды, в присутствии которой уменьшается концентрация свободных силанольных групп, необходимых для поликонденсации алюмосиликата. Термическая обработка механически активированных смесей гиббсита с пылевидным диоксидом кремния или силикагелем приводит к образо-

ванию муллита при температурах около 1200 °С через промежуточную шпинельную фазу. В смеси из корунда с силикагелем или гиббсита с плавленным диоксидом кремния муллит образуется при температурах около 1400 °С путем твердофазного взаимодействия корунда  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  с кристаллитом  $\text{SiO}_2$ . Только в механически активированных смесях предварительно осажденных гелей гидрооксидов алюминия и кремния удается понизить начало образования муллита до 1150 °С [13].

В последнее время для получения наноразмерных частиц оксидов и оксидных материалов широко используются обменные реакции, протекающие в условиях механической активации [15–17]. Процесс синтеза включает взаимодействие хлоридов, нитратов металлов с оксидами или гидроксидами щелочных или щелочноземельных металлов. Хлориды (нитраты) металлов являются матрицами, которые предохраняют от агрегации наноразмерные частицы целевых продуктов реакции. Последние отделяются от матриц путем растворения их в воде, этаноле и других растворителях. Данное направление исследований является перспективным для получения материалов в нанодисперсном состоянии. Целью настоящей работы является установление возможности применения указанных твердофазных обменных реакций для получения нанодисперсного (низкотемпературного) муллита.

#### **Экспериментальная часть**

Механическую активацию в течение 10 минут проводили на планетарной мельнице ЭИ-2-150 (ускорение 40g,) с титановыми барабанами и шарами из карбонитрида титана диаметром 8 мм. Составы обрабатываемых смесей приведены в таблице. После активации некоторые образцы отмывались от хлорида натрия и высушивались при комнатной температуре. Далее все образцы подвергались термической обработке на воздухе при температуре 150–1420 °С с выдержкой в течение 2–4 часов при каждой выбранной температуре.

Рентгеновские исследования порошков проводили на дифрактометре ДРОН-3 ( $\text{Cu}$ ,  $\text{K}_\alpha$ -излучение). Съемка образцов осуществлялась в области  $2\Theta = 17 - 98^\circ$  со скоростью 0,5 градусов в минуту. Параметры решетки (a, b, c, нм), размеры кристаллитов (d, нм), микродеформации решетки ( $\Delta\alpha/\alpha$ , %) рассчитывались по программе Powder Cell 2.4. Инфракрасные спектры поглощения образцов в таблетках с  $\text{KBr}$  записывались на спектрометре Specord M40. Термический анализ осуществлялся на приборе Netzsch STA 449C Jupiter в воздушной среде. Удельную поверхность определяли адсорбционным методом по тепловой десорбции аргона. Размер глобул (агрегатов) оценивали по соотношению  $D(\text{нм}) = 6 \cdot 10^3 / \rho S$ , где  $\rho$  – плотность,  $\text{г}/\text{см}^3$ ,  $S$  – удельная поверхность образца,  $\text{м}^2/\text{г}$ .

Таблица – Состав реакционной смеси и структурные характеристики образцов, полученных механохимическим способом

Состав реакционной смеси	t, °С	Фазовый состав*	Размер кристаллита, нм	Микродеформации ( $\Delta\alpha/\alpha$ , %)	Параметры решетки, нм		
					a	b	c
6(AlCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O) + +2(Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> · 9H <sub>2</sub> O)+ + 14NaOH	750	p/ам + M					
	1000	M	28	0,15	0,761	0,769	0,289
	1200	M	43	0,14	0,759	0,769	0,289
AlCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O + + 3NaOH	750 1000	p/ам+α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					
2(AlCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O) + + 3(Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> · 9H <sub>2</sub> O)	750	p/ам					
	1000	p/ам + M	16	0,26	0,756	0,769	0,288
	1200	p/ам + M	29	0,15	0,756	0,770	0,288
6Al(OH) <sub>3</sub> + + 2(SiO <sub>2</sub> · 0,6H <sub>2</sub> O)	900	p/ам+γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					
	1000	p/ам+γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					
	1100	p/ам+γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +M					
	1200	M	49	0,09	0,756	0,768	0,288
	1420	M	59	0,07	0,756	0,769	0,288
6Al(OH) <sub>3</sub> + + 2(SiO <sub>2</sub> · 0,6H <sub>2</sub> O) (смесь без активации)	1100	Θ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SiO <sub>2</sub>					
	1200	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SiO <sub>2</sub>					
6Al(OH) <sub>3</sub> + + 2(SiO <sub>2</sub> · 0,6H <sub>2</sub> O) предварительно ак- тивированные ком- поненты)	1100	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SiO <sub>2</sub>					
	1200	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SiO <sub>2</sub>					
6AlOOH + + 2(SiO <sub>2</sub> · 0,6H <sub>2</sub> O)	1200	M	41	0,11	0,757	0,769	0,289
3γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + + 2(SiO <sub>2</sub> · 0,6H <sub>2</sub> O)	1200	M	46	0,08	0,757	0,769	0,289
3Θ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + + 2(SiO <sub>2</sub> · 0,6H <sub>2</sub> O)	1200	M + SiO <sub>2</sub>	42	0,10	0,757	0,769	0,289
3α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + +2(SiO <sub>2</sub> · 0,6H <sub>2</sub> O)	1200	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + + SiO <sub>2</sub> + M	-	-	-	-	-

\* Принятые обозначения: p/ам – рентгеноаморфная фаза, M – муллит

## Результаты и их обсуждение

Механическая активация смеси хлорида алюминия  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ , метасиликата натрия  $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$  (с соотношением  $Al/Si = 6/2$  и гидрооксида натрия  $NaOH$  сопровождается образованием рентгеноаморфного продукта и хорошо окристаллизованного  $NaCl$ . Хлорид натрия формируется с параметром решетки 0,563(6) нм, микродеформацией  $\Delta\alpha/\alpha = 0,18 \%$ , размером кристаллитов 84 нм. Факт появления на рентгенограммах рефлексов хлорида натрия однозначно свидетельствует о прохождении обменной реакции между компонентами в ходе активации. Дальнейшей термической обработке подвергались только отмытые от хлорида натрия рентгеноаморфные продукты реакции. При температуре прокаливания  $750 \text{ }^\circ\text{C}$  на рентгенограммах этих образцов появляются признаки образования муллита  $Al_6Si_2O_{13}$ , который надежно регистрируется при температуре  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ . Повышение температуры прокаливания образцов до  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$  сопровождается увеличением размеров кристаллитов, но не сказывается на параметрах решетки (таблица).

При рассмотрении активации трехкомпонентной системы можно представить обменные реакции (с образованием хлорида натрия) двух типов: первая – между хлоридом алюминия и гидрооксидом натрия, вторая – между хлоридом алюминия и метасиликатом натрия. Как видно из данных, приведенных в таблице, в первом случае уже при  $750 \text{ }^\circ\text{C}$  наблюдается образование корунда, а при  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ , рентгеноаморфная фаза полностью переходит в  $\alpha\text{-}Al_2O_3$ . Для доказательства возможности протекания реакции второго типа выбиралась смесь такого состава, чтобы задействовать в химическом обмене весь натрий и хлор активируемых реагентов. В образцах, предварительно отмытых от хлорида натрия, начало образования муллита в этом случае происходит около  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ , но при  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ , наряду с упорядоченной структурой  $Al_6Si_2O_{13}$  сохраняется и рентгеноаморфная фаза, вероятно, избыточного диоксида кремния. Эта примесь, как матрица, тормозит кристаллизацию муллита, что сказывается на размерах кристаллитов.

Для дальнейшего понимания механизма протекающих реакций были исследованы ИК-спектры образцов (рисунок 1). Колебательные спектры активированной непрокаленной смеси хлорида алюминия, метасиликата натрия и гидрооксида натрия можно рассматривать в первом приближении как суперпозицию спектров активированной смеси хлорида алюминия – метасиликата натрия, с одной стороны, и активированной смеси хлорида алюминия – гидрооксида натрия, с другой. В спектрах трехкомпонентной системы можно выделить полосы поглощения образующихся в результате обменных реакций алюмосиликата (собственные частоты  $\nu$  вещества  $460, 590, 680, 1070 \text{ см}^{-1}$ ) и гидрооксида алюминия ( $600, 1000 \text{ см}^{-1}$ ) (сравни кр. 1, 2 и 3 на рисунке 1).



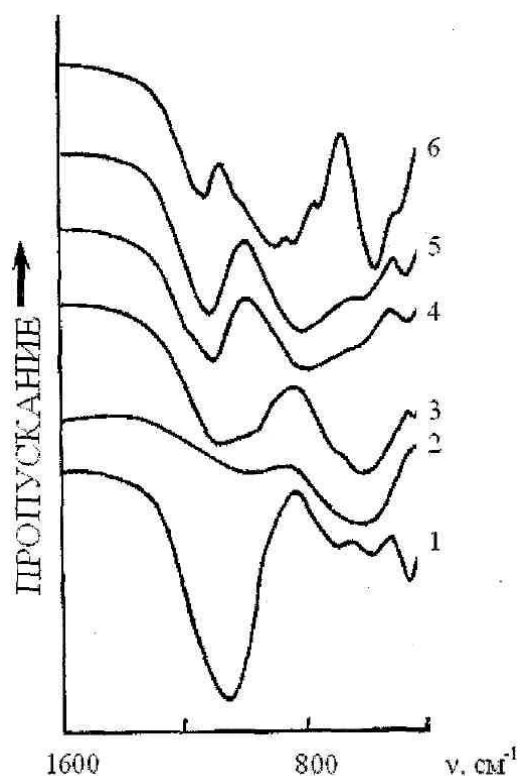
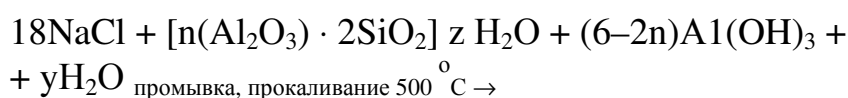
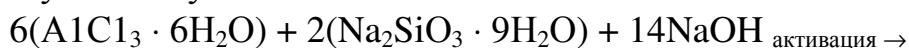


Рисунок 1 – ИК-спектры активированных смесей:  
 1 –  $2(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) + 3(\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$ ; 2 –  $2(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) + 3\text{NaOH}$ ;  
 3 –  $6(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) + 2(\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) + 14\text{NaOH}$ ;  
 далее промытой и прокаленной при 4 –  $500^\circ\text{C}$ , 5 –  $750^\circ\text{C}$ , 6 –  $1000^\circ\text{C}$

При прокаливании гидроксид алюминия в указанной смеси переходит в оксид (широкая полоса поглощения в области  $800\text{ см}^{-1}$ ), но алюмосиликатная фаза не претерпевает существенных превращений (кр. 4, 5). Заметные изменения в спектрах наблюдаются после обработки активированной смеси при  $1000^\circ\text{C}$  (кр. 6), когда по рентгеновским данным уже формируется кристаллическая фаза муллита. Из приведенных ИК-спектров можно заключить, что в температурном интервале  $750 - 1000^\circ\text{C}$  в активированной трехкомпонентной смеси происходит взаимодействие между (нанодисперсными) частицами оксида алюминия и алюмосиликата с образованием муллита (полосы  $490 - 560$ ,  $740 - 820$ ,  $900$ ,  $1120\text{ см}^{-1}$ ). Исходя из полученных данных можно представить последовательность превращений при получении муллита этим способом:



Для уточнения стадийности формирования муллита была проведена аналогичная механическая и термическая активация смеси гидраргиллита  $Al(OH)_3$  и силикагеля  $SiO_2 \cdot 0,6H_2O$  (с соотношением  $Al/Si = 6/2$ ). В активированной смеси только после термообработки при  $900\text{ }^\circ C$  начинается формирование кристаллической фазы  $\gamma-Al_2O_3$ , а при температуре  $1100\text{ }^\circ C$  – и муллита  $Al_6Si_2O_{13}$ . Повышение температуры от  $1200$  до  $1420\text{ }^\circ C$  практически не влияет на параметры решетки муллита, но приводит к заметному увеличению размера кристаллитов. Необходимым условием образования муллита является термическая обработка при  $1200\text{ }^\circ C$  совместно активированной смеси гидраргиллита и силикагеля. Неактивированная смесь с тем же соотношением компонентов или смесь отдельно активированных гидраргиллита и силикагеля и далее прокаленных при тех же условиях, представляют собой смесь корунда  $\alpha-Al_2O_3$  и кристобалита  $Si_2O_2$  (таблица).

В спектрах совместно активированной смеси гидраргиллита и силикагеля в отличие от колебательных спектров смеси этих отдельно активированных компонентов не наблюдаются полосы поглощения  $800$  и  $930\text{ см}^{-1}$ , характерные для силикагеля. Однако при этом четко проявляется полоса в области  $600\text{ см}^{-1}$ , обусловленная поглощением активированного гидраргиллита (сравни спектры 1, 2 на рисунке 2). Можно полагать, что в процессе совместной активации смеси происходит взаимодействие между компонентами с образованием (рентгеноаморфных) алюмосиликата (полосы  $460$ ,  $1090\text{ см}^{-1}$ ) и гидроокиси алюминия. Сравнение ИК-спектров этих образцов с аналогичными спектрами активированных, непрокаленных образцов, полученных первым способом, показывает, что содержание гидрооксида алюминия (полосы в области  $600$  и  $1000\text{ см}^{-1}$ ) здесь ниже (спектр 2, рисунок 2 и спектр 3, рисунок 1). Следовательно, доля «связанного» алюминия в образующемся алюмосиликате в этом случае должна быть выше. Последующая термическая обработка связана с дегидратацией образцов и переходом гидрооксида алюминия в оксид алюминия (полоса в области  $800\text{ см}^{-1}$ ). Образование рентгеноаморфной фазы  $\gamma-Al_2O_3$  происходит уже при  $500\text{ }^\circ C$ , а при  $900\text{ }^\circ C$ , как указывалось выше, оксид кристаллизуется. Каких-либо заметных изменений в структуре алюмосиликата при этом наблюдать не удастся. Структурные превращения начинаются при температуре  $1000\text{ }^\circ C$  и при  $1200\text{ }^\circ C$  завершаются образованием муллита  $Al_6Si_2O_{13}$  (полосы  $430$ ,  $490\text{--}560$ ,  $740\text{--}820$ ,  $900$ ,  $1140$ ,  $1170\text{ см}^{-1}$ ) (рисунок 2). Спектры образцов, прокаленных при  $1200$  и  $1420\text{ }^\circ C$ , тождественны.

Из приведенных данных видно, что образование муллита происходит при достаточно высоких температурах через взаимодействие алюмосиликата с оксидом алюминия.

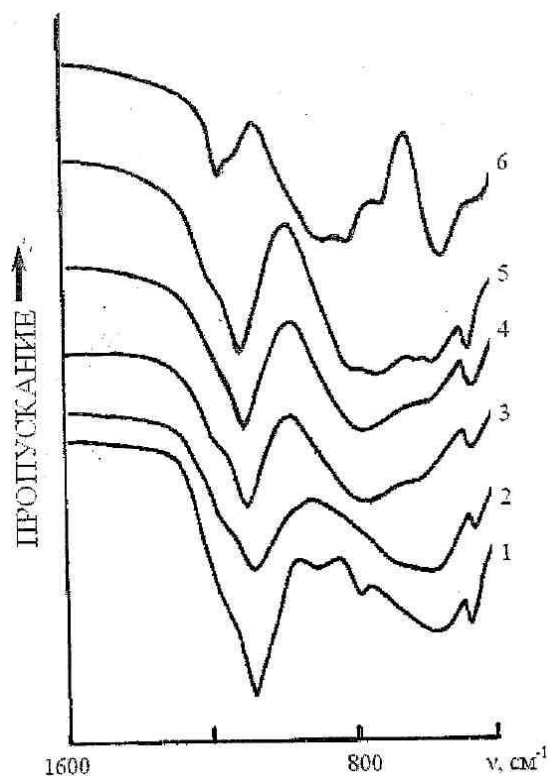
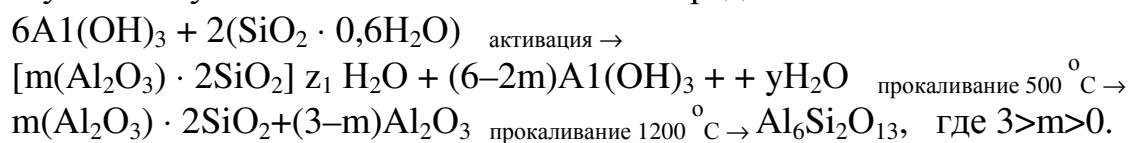


Рисунок 2 – ИК-спектры смеси  $6\text{Al}(\text{OH})_3 + 2(\text{SiO}_2 \cdot 0,6\text{H}_2\text{O})$ :  
 1 – активированной отдельно; 2 – активированной совместно,  
 далее – прокаленной при 3 – 500 °С, 4 – 900 °С, 5 – 1000 °С, 6 – 1200 °С

Для сравнения была проведена дополнительно активация смесей силикагеля  $\text{SiO}_2 \cdot 0,6\text{H}_2\text{O}$  с бёмитом  $\text{AlOOH}$  или оксидами алюминия  $\gamma$ -,  $\Theta$ -, и  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  (с соотношением  $\text{Al/Si} = 6/2$ ). В прокаленных при 1200 °С образцах, полученных из гидроксида или низкотемпературной формы  $\gamma$ -оксида алюминия, наблюдается образование только фазы муллита. Если в качестве компонента активируемой смеси выступает  $\Theta$ - или  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , то реакция идет не полностью и наряду с муллитом наблюдается кристобалит или корунд с кристобалитом (таблица). Как было показано выше, (неактивированная) смесь того же силикагеля с гидраргиллитом после термической обработки при 1200 °С практически не взаимодействует и представляет собой двухфазную систему, состоящую из корунда и кристобалита. Но и отдельная активация силикагеля и гидраргиллита, не сопровождающаяся образованием алюмосиликата, после прокаливания в аналогичных условиях не приводит к образованию муллита. Последовательность превращений при получении муллита этим способом можно представить:



Реакция, также как предыдущая, идет через образование промежуточного соединения – рентгеноаморфного алюмосиликата. Это соединение отличается разным соотношением  $Al_2O_3/SiO_2$ . При получении алюмосиликатов совместным осаждением однофазную систему обычно удается синтезировать с соотношением  $Al_2O_3/SiO_2 \leq 1/2$ . Можно полагать, что в нашем случае это соотношение также выполняется и значения коэффициентов  $n, m$  ближе к 1 (чем к 3). Последующее взаимодействие алюмосиликата с низкотемпературной формой оксида алюминия заканчивается образованием муллита. На рисунке 3 приведены термограммы исследуемых активированных смесей. Видно, что экзотермический эффект, сопутствующий муллитообразованию, в активированной смеси гидраргиллита и силикагеля происходит при более высоких температурах, чем в смеси хлорида алюминия и силиката натрия в присутствии гидроксида натрия. Объясняется это, на наш взгляд, природой прекурсоров. В первом случае (солевые смеси) – алюмосиликат и гидроксид (оксид) алюминия образуются в результате обменных реакций, во втором – алюмосиликат появляется в результате реакции поликонденсации, а гидроксид (оксид) алюминия – лишь продукт диспергации исходного гидраргиллита.

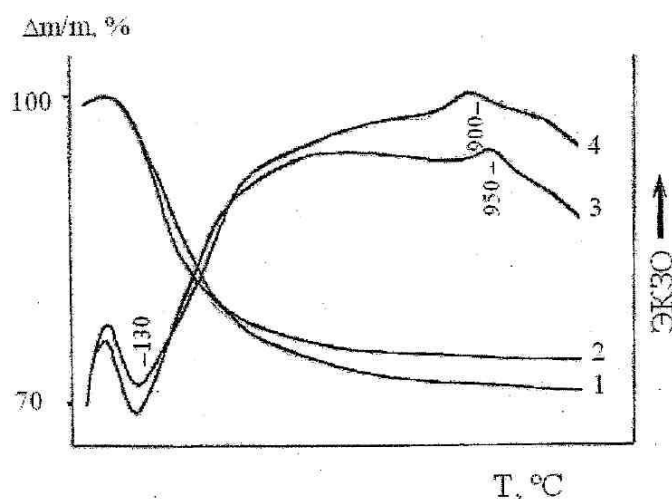


Рисунок 3 – Потеря веса (1, 2) и ДТА (3, 4) активированных смесей:  
 1, 4 – смесь  $6(AlCl_3 \cdot 6H_2O) + 2(Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O) + 14NaOH$  (предварительно отмытой от  $NaCl$ ); 2, 3 –  $6Al(OH)_3 + 2(SiO_2 \cdot 0,6H_2O)$

Можно полагать, что дисперсность частиц во втором случае ниже, чем в первом. Важным моментом является состав образующихся прекурсоров – соотношение «свободного» и «связанного» (прореагировавшего с кремнием) алюминия в оксиде алюминия и алюмосиликате.

Относительно низкая температура кристаллизации муллита при активации смесей хлорида алюминия с силикатом натрия в присутствии гидроксида натрия позволяет получать более дисперсные порошки. Удельная поверхность этих образцов, прокаленных при  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , равна  $16\text{ м}^2/\text{г}$ . При

плотности муллита 3,16 г/см<sup>3</sup> размер глобул этих образцов будет составлять порядка 120 нм. Образцы муллита, полученные активацией смеси гидраргиллита и силикагеля и кристаллизующиеся при 1200 °С, имеют удельную поверхность 1,1 м<sup>2</sup>/г и размер глобул – 1730 нм.

### **Вывод**

Таким образом, твердофазная обменная реакция хлорида алюминия с силикатом натрия в присутствии гидроксида натрия, протекающая при механической активации, может быть предложена в качестве способа получения однофазного нанодисперсного муллита.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Болдырев В.В. Развитие исследований в области механохимии неорганических веществ в СССР // Механохимический синтез в неорганической химии: сб. СО АН СССР / Под ред. Е.Г. Авакумова. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 5-32.
2. Третьяков Р.Д. Твердофазные реакции / Р.Д. Третьяков. – М.: Химия, 1978.
3. Механохимия создания материалов с заданными свойствами / О.В. Андриюшкова [и др.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 352 с.
4. Scheider H. Mullite and mullite ceramics / H. Scheider, R. Okada, J. Pask. – John Wiley and Sons, Chichester, 1994. – 241 p.
5. Avvakumov E. Soft Mechanochemical Synthesis: a Basis of New Chemical Technologies / E. Avvakumov, M. Senna, N. Kosova. – Boston/Dordrecht/London, Kluwer Academic Publishers, 2001. – 207 p.
6. Карагедов Г.Р. Механохимически стимулированный синтез однофазного муллита / Г.Р. Карагедов, Г.И. Любушко // Химия в интересах устойчивого развития. – 1998. – Т. 6. – С. 161-163.
7. Study of solid-phase transformation during mechanochemical and thermal treatment of aluminosilicate systems using thermal analysis / D.P. Klevtsov, O.P. Krivoruchko, B.P. Zolotovskii, R.A. Buyanov // *Thermochimica Acta*. – 1985. – V. 93. – P. 513-515.
8. Взаимодействие в алюмосиликатных системах при механической и термической обработках / Клевцов Д.П. [и др.] // Журнал прикладной химии. – 1988. – № 4. – С. 914-915.
9. Mechanochemical preparation of aluminosilicate precursors from gibbsite-silica acid mixtures / J. Temuujin, T.S. Jadamba, K. Okada, K.J.D. Machenzie // *Mat Letters*. – 1998. – V. 36. – Pp. 48-51.
10. Preparation of aluminosilicate precursor by silica mixtures / J. Temuujin, T.S. Jadamba, K. Okada, K.J.D. Machenzie // *Bull Mater Sci*. – 1998. – V. 21. – No 3. – Pp. 185-187.
11. Temuujin J. Formation of mul-lite from mechanochemically activated oxides and hydroxides / J. Temuujin, K. Okada, K.J.D. Machenzie // *J. European Ceram. Soc*. – 1998. – V. 18. – Pp. 831-835.

12. Temuujin J. Characterization of aluminosilicate (mullite) precursors prepared by mechanochemical process / J. Temuujin, T.S., K. Okada, K.J.D. Mackenzie // *J. Mat. Res.* – 1998. – V. 13. – Pp. 2184-88.
13. Temuujin T. Effect of mechanochemical treatment on the crystallization behaviour of diphasic mullite gel / J. Temuujin, K. Okada, K.J.D. Mackenzie // *Ceramics International.* – 1999. – V. 25. – P. 85-90.
14. Comparative study of mechanochemical preparation of aluminosilicate precursors and amorphous silica / J. Temuujin, K. Okada, K.J.D. Mackenzie, J. Amgalan // *British Ceramic Transactions.* – 2000. – V. 99. – No 1. – P. 23-25.
15. McCormick P.G. Recent Developments in Mechanochemical Nanoparticle Synthesis / P.G. McCormick and T. Tsuzuki // *J. of Metastable and Nanocrystalline Materials.* – 2002. – V. 13. – P. 377-386.
16. Аввакумов Е.Г. Механохимический синтез как метод получения нанодисперсных частиц оксидных материалов / Е.Г. Аввакумов, Л.Г. Каракчиев // *Химия в интересах устойчивого развития.* – 2004. – Т. 12. – С. 287-292.
17. Структура и магнитные свойства наноразмерного порошка феррита кобальта, полученного методом механохимического синтеза / Е.П. Найден [и др.] // *Химия в интересах устойчивого развития.* – 2007. – Т. 15 – № 2 приложение. – С. 143-147.

## **ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ**

УДК 621.793.184:621.762.8

Т.Н. Осколкова, В.А. Стяжкин\*

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

\*Уральский государственный технический университет,  
г. Екатеринбург

## ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ ПОКРЫТИЕ НА ТВЁРДОМ СПЛАВЕ VK10KC

В статье приведены результаты исследований твердого сплава с ионно-плазменным покрытием TiZrN. Предложенное покрытие позволит повысить износостойкость твёрдого сплава в буровом инструменте.

The results of research of hard alloy with ionic-plasma coating TiZrN are presented in this article. The suggested coating will make it possible to increase the wearing qualities of the hard alloy in boring machine tools.

Карбидовольфрамовые твёрдые сплавы, благодаря своим физико-механическим свойствам, продолжают оставаться одним из основных материалов при производстве бурового инструмента.

На основе существующего представления о механизме разрушения горных пород при ударно-поворотном бурении [1,2] во время этого процесса происходит не только силовое взаимодействие твердосплавной вставки с породой, но и её износ. Механизм износа существенно отличается от известных, применяемых к парам трения [3-5]. В период дробления породы и образования в дальнейшем спрессованного ядра под рабочей поверхностью твёрдосплавной вставки разрушаются кристаллы породы, острые кромки которых изнашивают твёрдый сплав. Дополнительный износ вставок происходит после разгрузки сжатой системы «ударник – штанга – коронка – порода», когда порода в результате «отдачи» инструмента отходит от забоя на величину, регулируемую усилием подачи. В этот момент совершается поворот коронки вокруг своей оси и смещение твёрдосплавных вставок по окружности. Если образовавшийся зазор между вставками и породой мал, вставки трутся о выступы и неровности на забое. Износ бурового инструмента существенно зависит от абразивных свойств породы и твёрдости сплава. Таким образом, одной из причин образования дефектов, возникающих в рабочем слое вставки из твёрдого сплава, является абразивный износ поверхности, контактирующей с породой.



Одним из основных резервов повышения эффективности буровых работ является увеличение показателей эксплуатационной стойкости бурового инструмента. В настоящее время разрабатываются направления повышения долговечности этого инструмента, среди которых в большинстве случаев для уменьшения коэффициента трения, увеличения трещиностойкости на твёрдосплавных пластинах используют покрытия.

Одним из эффективных путей решения этой задачи является появление и быстрое развитие новых видов покрытий на твёрдых сплавах. Стоимость пластин из твёрдого сплава с покрытием возрастает по сравнению с обычными на  $15 \div 20 \%$ , в то время как стойкость инструмента повышается в  $2 \div 9$  раз. В нашей стране, а также за рубежом в настоящее время ведутся исследования по созданию таких износостойких покрытий, в частности, в США около  $35 \%$  твёрдосплавного инструмента выпускается с покрытиями [6].

К твёрдосплавному инструменту применяют различные способы нанесения покрытий, одним из современных является покрытие, полученное конденсацией вещества в вакууме из плазменного потока с ионной бомбардировкой [6,7]. Вместе с тем, как показал анализ литературных данных, крайне мало работ, посвящённых изучению свойств данных покрытий.

Целью настоящего исследования явилось изучение структуры и свойств TiZrN ионно-плазменного покрытия на твёрдом сплаве ВК10КС, а также рекомендации к применению указанных покрытий для использования их при изготовлении буровых коронок.

Авторами работы [8] изучены свойства твёрдых сплавов с покрытием нитрид титана и оценена возможность увеличения срока работы изделий из упрочнённых твёрдых сплавов марки ВК. Покрытие TiN, напылённое слоем  $15 - 20$  мкм и обладающее более высоким комплексом физико-механических свойств, может уменьшить склонность к коррозионному разрушению, упрочнить поверхность и, тем самым, продлить срок службы изделия.

Для исследования в настоящей работе использованы твёрдосплавные пластины из сплава ВК10КС производства Кировоградского завода твёрдых сплавов (Россия), на которые были нанесены ионно-плазменные покрытия TiZrN.

Введение циркония в состав ионно-плазменного покрытия (по отношению к покрытию из нитрида титана) снижает хрупкость этого покрытия при одновременном повышении твёрдости [6].

Микроструктура ионно-плазменного покрытия TiZrN на сплаве ВК10КС представлена на рисунке 1.

По результатам растровой электронной микроскопии (рисунок 2) можно отчётливо видеть достаточно интенсивный массоперенос титана из покрытия в твёрдый сплав, слабо выраженный – у циркония, а также можно наблюдать слабую восходящую диффузию вольфрама из сплава в по-

крытие. Это должно способствовать увеличению адгезионного взаимодействия покрытия и подложки.

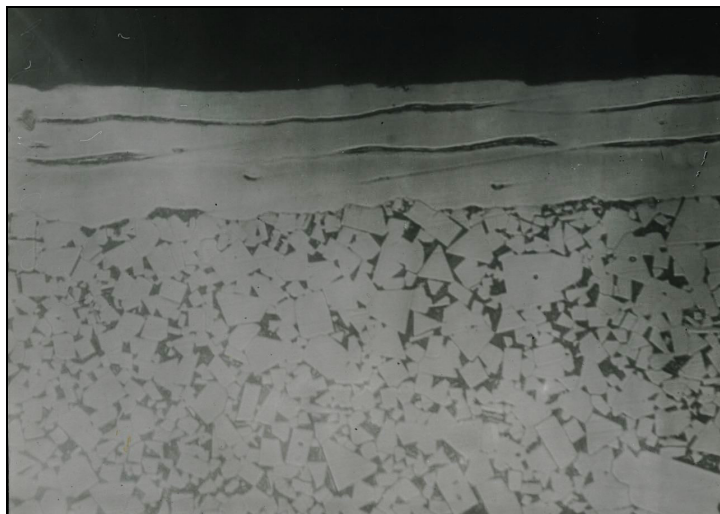


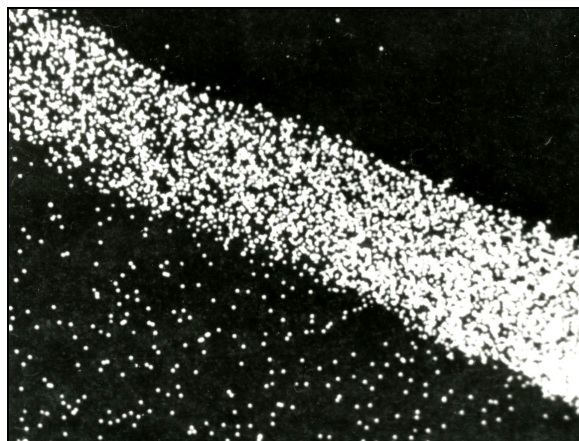
Рисунок 1 – Микроструктура ионно-плазменного покрытия TiZrN на твёрдом сплаве ВК10КС  $\times 1000$

Изменение микроструктуры твёрдого сплава в поверхностном слое приводит к изменению твердости. С использованием дюрометрического анализа на твердомере ПМТ-3 оценивали микротвёрдость (нагрузка на индентор 0,5 Н) и определяли толщину упрочнённого слоя. Выявлено, что нанесённое покрытие приводит к росту микротвердости на 60 – 70 %. Упрочнение так же, как и изменения микроструктуры, простирается на глубину до 30 мкм от поверхности.

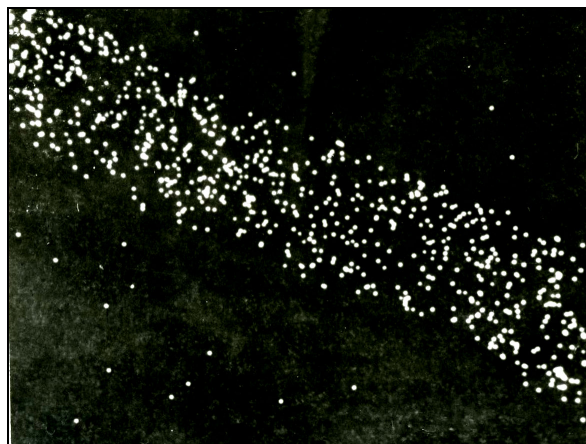
Износостойкость пластин определяли в процессе механического воздействия в течение 2 минут твёрдого сплава с ионно-плазменным покрытием (обработку проводили на плоскошлифовальном станке со скоростью движения стола 5 – 6 м/мин. с глубиной шлифования 0,01 мм при вращении алмазного синтетического круга АС-4 с зерном 100/80 мкм со скоростью вращения 25 м/с). Величина износа оценивалась по изменению массы и высоты образца. Взвешивание осуществляли на аналитических весах АДВ-200М с точностью измерения  $\pm 0,003$  мг/деление. Измерение размеров образца производили на универсальном измерительном микроскопе УИМ-2 (погрешность измерения  $\pm 0,003$  мм). Анализ механического воздействия показал, что стойкость на истирание в  $2,5 \div 3,0$  раза выше у образца с покрытием, чем без него.

Выводы. Протекание диффузионных процессов в сплаве ВК10КС с ионно-плазменным TiZrN покрытием благоприятно должно сказаться на адгезионное взаимодействие покрытия и подложки. Износостойкость сплава ВК10КС с покрытием повышается более чем в  $2,5 \div 3,0$  раза относительно образца без покрытия. Таким образом, создание твёрдых сплавов

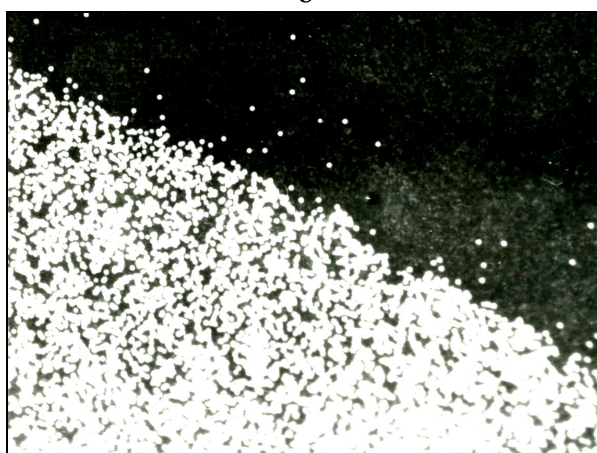
с износостойкими покрытиями следует рассматривать как новый этап совершенствования твёрдых сплавов для бурового инструмента.



а



б



в

Рисунок 2 – Микроструктура сплава ВК10КС с ионно-плазменным покрытием TiZrN в характеристических рентгеновских излучениях: а – в излучении титана; б – в излучении циркония; в – в излучении вольфрама  
x 1000

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линенко-Мельников Ю.П. К вопросу о механизме разрушения горных пород в шпуре применительно к штыровым коронкам / Ю.П. Линенко-Мельников // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – К.: ИСМ им В.Н. Бакуля, ИПЦ Алкон НАНУ, 2003. – С. 273-279.
2. Лисовский А.Ф. Образование дефектов в твёрдосплавной вставке буровой коронки / А.Ф. Лисовский, Ю.П. Линенко-Мельников // Сверхтвёрдые материалы. – 2004. – № 3. – С. 84-90.
3. Хрущёв М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущёв, М.А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 251 с.
4. Боуден Ф.П. Трение и смазка твёрдых тел / Ф.П. Боуден, Д. Тейбор. – М.: Машиностроение, 1968. – 543 с.
5. Лаврентьев А.И. О связи абразивной износостойкости материалов с их физико-механическими свойствами / А.И. Лаврентьев // Трение и износ. – 1980. – 1, № 5. – С. 878-883.
6. Панов В.С. Технология и свойства спечённых твёрдых сплавов и изделий из них / В.С. Панов, А.М. Чувилин, В.А. Фальковский. – М.: МИСиС, 2004. – 464 с.
7. Патент РФ 2004116008, МПК С 23 С 14/06, С 23 С 14/48. Режущий инструмент с многослойным покрытием / Табаков В.П., Циркин А.В., Чихранов А.В.: ГОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» // № 2004116008/02; Заявл. 25.05.2004; Опубл.27.02.2006
8. Яценко А.С. Изучение коррозионной стойкости твёрдых сплавов с покрытием нитрид титана / А.С. Яценко, С.И. Марчук // Металловедение чёрных и цветных сплавов: Сб. науч. тр. Вып. 9.: Донецк. нац. техн. ун-т. – Донецк, 2003. – С. 29-33.

УДК 548

В.А. Петрунин, С.В. Коновалов, О.А. Столбоушкина, Р.А. Филиппьев,  
В.Е. Громов

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА МИКРОТВЕРДОСТЬ КРЕМНИСТОГО ЖЕЛЕЗА

Исследовано влияние электрического потенциала на микротвердость кремнистого железа. Произведено сравнение влияния собственно электрического потенциала, подаваемого на образец, и потенциала, возникающего из-за контактной разности потенциалов при присоединении различных металлов с иной работой выхода электрона.

The influence of the electrical potential on the plasticity of Fe-3 % Si is studied experimentally. The effect of the electrical potential applied to the sample is compared with the effect of the potential induced by the contact potential difference upon contact with different metals characterized by different work functions.

В настоящей работе исследуется влияние электрического потенциала на микротвердость кремнистого железа Fe-3%Si в паре с Zr. Цирконий использовался как металл, контактная разность потенциалов с которым обеспечивает электрический потенциал, который и является внешним воздействием. Тем самым, как и в нашей работе [1], где исследовалось влияние электрического потенциала на скорость ползучести алюминиевых образцов, воздействие потенциала осуществляется либо прямым методом, либо косвенным, т.е. подбором контактной пары. Контактная разность потенциалов равна  $\Delta\phi = (A_{Zr} - A_{Fe})/e$ . Эффект, исследованный нами аналогичен эффекту [2]. Связь эффекта относительного роста микротвердости  $Q = (\overline{H_e} - \overline{H_o})/\overline{H_o} \approx 0,025$  с изменением поверхностного состояния кремнистого железа под действием электрического потенциала обусловлена, на наш взгляд, явлением, отдаленно напоминающим электропластичность [3] ( $\overline{H_e}, \overline{H_o}$  – средние микротвердости при внешнем воздействии электрического поля и без него, соответственно).

Спецификой эффекта является изменение состояния поверхности в виде появления двойного электрического слоя. Это приводит к изменению плотности поверхностной энергии исследуемого образца [4,5]. Соответствующее изменение поверхностной энергии образца обеспечивает зарожде-

ние пластических сдвигов, в том числе дефектов, что эквивалентно изменению микротвердости [2,4], а также связано и с электронной структурой материала [1]. Отметим также, что в нашей работе используются слабые электрические потенциалы  $\varphi \approx 1\text{В}$ .

Изменение поверхностной энергии связано с изменением коэффициента поверхностного натяжения  $\gamma$ , которое исследовалось по измерениям эстанса  $\partial\gamma/\partial\varphi$  [4]. Тогда соответствующее изменение микротвердости в зависимости от потенциала мы связываем с изменением коэффициента поверхностного натяжения  $\Delta\gamma = \gamma(\varphi) - \gamma(0)$  в поверхностном двойном электрическом слое [2,4] толщиной  $d \approx 10^{-10}$  м. Далее используя выражение для плотности поверхностной энергии  $E = \gamma S$  (при приложенном потенциале и без него) для площади поверхности  $S \approx 10^{-4}$  м<sup>2</sup>, мы можем связать изменение микротвердости с относительным изменением поверхностной энергии

$$Q = [E(\varphi) - E(0)] / E(0) = \frac{\Delta\gamma}{\gamma(0)}, \quad (1)$$

где  $\Delta\gamma = \gamma(\varphi) - \gamma(0)$  – изменение коэффициента поверхностного натяжения с потенциалом. Причем коэффициент поверхностного натяжения  $\gamma$  мы возьмем из работ [2,4], где он найден согласно Дж.В. Гиббсу с учетом выражения  $\gamma = \sigma + S(\partial\sigma/\partial S)_T$ , где  $S$  – площадь поверхности твердого тела,  $T$  – температура,  $\sigma$  – работа образования единицы площади поверхности.

По кривым зависимости величины  $\varphi$  - эстанса  $\partial\gamma/\partial\varphi$  от потенциала  $\varphi$ , ряд примеров которых приведен в [4], можно изучать влияние поверхностного натяжения  $\gamma$  на механические свойства металлов. Существуют четкие методики обработки этих экспериментальных кривых, которые позволяют определять максимум твердости [4], минимум относительного удлинения [1,4], изучать трение образцов [4] с помощью некоторых параметров снятых с графиков  $\varphi$  – эстанса. Конкретные экспериментальные методики обработки данных эксперимента приведены в [4]. В рамках экспериментальных методов, развитых в [4] возможным становится изучение таких явлений, как влияние потенциала  $\varphi$  на деформацию поверхности, а также обратного эффекта влияния деформации поверхности на ее потенциал. Деформацией поверхности мы считаем величину  $Q = (S - S_0) / S_0$  относительного изменения ее площади  $S$  (здесь  $S_0$  – начальная площадь поверхности).

Кроме того можно измерять емкость  $C$  (точнее удельную емкость на единицу площади) поверхностного двойного электрического слоя [4]. Все эти тонкие эффекты и характеристики, присущие поверхности твердого тела, на которую подается слабый потенциал, делают возможным изучать не только влияние потенциала на ползучесть [1], но и на микротвердость металлов. Последнему собственно и посвящена настоящая работа.

К сожалению, из-за отсутствия в литературе подробных данных по влиянию потенциала на коэффициент поверхностного натяжения железа

[2,4,5] мы можем сделать только приблизительные оценки относительного прироста микротвердости  $Q$ . В остальном для коэффициента поверхностного натяжения выполняются все известные соотношения, в том числе и уравнение Т.Юнга для угла смачивания на границе твердое тело – жидкость – газ.

В [4] показано, что изменение потенциала  $\phi$  на 0,1В ведет к изменению  $\Delta\gamma$  на величину порядка  $\geq 10$  дин/см. Используя значение коэффициента поверхностного натяжения стали  $\gamma = 2,8 \cdot 10^6$  дин/см [4], получим для нашего потенциала  $\phi \approx 1$ В по порядку величины значение прироста микротвердости  $Q \approx \Delta\gamma/\gamma \approx 0,01$  ( $\Delta\gamma \geq 10^3$  дин/см). Данное значение согласуется по порядку величины с экспериментальным значением 0,025.

Представляло интерес кроме железа в паре с цирконием исследовать микротвердость алюминия (в паре с оловом, медью и цирконием: Al(Zn), Al(Cu), Al(Zr)), а также цирконий в паре с алюминием (Zr(Al)). Соответствующие величины прироста микротвердости  $Q$  равны 0,16; 0,15; 0,13; 0,1. Отсутствие данных о коэффициенте поверхностного натяжения  $\gamma$  для Al и Zr в [4] не позволяет провести сравнительный анализ этих данных с кремнистым железом для относительного прироста микротвердости (см. выше).

В заключении приведем расчет  $Q \approx \Delta\gamma/\gamma$  для платины (Pt), для которой данные по коэффициенту поверхностного натяжения частично имеются в [4]. Соображения, по которым мы это сделаем с помощью формулы (1), изложены ниже. Поскольку Pt имеет симметрию простой кубической решетки, а железо – объемно-центрированной кубической решетки, то, возможно, изменение коэффициента поверхностного натяжения  $\gamma$  с потенциалом у Pt и Fe аналогичны. В [4] показано, что для платины  $\Delta\gamma \geq 500$  дин/см при  $\Delta\phi \approx 0,1$ В, тогда для потенциала 1В, как и для Fe–3%Si можно сделать оценку  $\Delta\gamma \geq 5000$ В. В этом случае для платины по порядку величины прирост микротвердости  $Q \approx \Delta\gamma/\gamma \approx 0,01$ .

Сравнивая нанотвердость алюминия в паре с цирконием, когда  $Q$  вместо 0,13 имеет значение 0,2, мы предполагаем, что этот эффект, как и для стали [6] связан с наносегрегациями углерода и карбида  $Fe_3C$  по границам зерен, а также с дислокациями.

В целом изучение зависимости относительного изменения микротвердости от электрического потенциала в образцах из Fe–3% Si, Al и Zr являет собой поучительный пример влияния поверхности металла (точнее ее энергии) на твердость образцов (эффект П.А. Ребиндера, Е.К. Венстрема) [2]. Наш подход позволяет не только проследить синергизм ансамбля «подвижных» и «закрепленных» дислокаций, т.е. увязать микротвердость с закрепленными дислокациями (предел текучести), но и установить ее взаимосвязь с поверхностной энергией металлов. В этом смысле наша ра-

бота проясняет и проблему взаимосвязи электронной структуры металлов и их механических свойств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О влиянии электрического потенциала на скорость ползучести алюминия / Коновалов С.В. [и др.] // ФТТ. – 2007. – Вып.8. – Т.49. – С. 1389-1391.
2. Венстрем Е.К. Электрокапиллярный эффект снижения твердости металлов / Е.К. Венстрем, П.А. Ребиндер // ДАН СССР. – 1949. – Т. 68. – С. 329-332.
3. Conrad H. Dislocation in solids / H. Conrad, A.F. Sprecher / Ed.F.R.N. Nabarro. – London: Eesevier Sci.Publ, 1989. – P. 499.
4. Гохштейн А.Я. Поверхностное натяжение твердых тел и адсорбция / А.Я. Гохштейн. – М.: Наука, 1976. – 310 с.
5. Лихтман В.И. Физико-химическая механика металлов / В.И. Лихтман, Е.Д. Щукин, П.А. Ребиндер. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 303 с.
6. Нечаев Ю.С. Физические комплексные проблемы старения, охрупчивания и разрушения металлических материалов водородной энергетики и магистральных газопроводов / Ю.С. Нечаев // УФН. – 2008. – Т. 178. – № 7. – с. 709.



**ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ НА  
ПРЕДПРИЯТИЯХ**

УДК 330.133

С.Г. Галевский

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВЕРОЯТНОСТИ БАНКРОТСТВА

В данной статье рассмотрена методическая база прогнозирования банкротства. Изучены методики как зарубежных, так и отечественных авторов. Отдельно проанализированы количественный и качественный подходы к оценке вероятности банкротства.

Methodical base of insolvency prediction is considered at this article. Methods of foreign and domestic authors are studied. Quantitative and qualitative insolvency probability expectation approach are separately analyzed.

В настоящее время в теории и практике экономических исследований сформировалось множество методов диагностики кризисного состояния организации и вероятности ее банкротства. Эти методы различаются областью применения, составом показателей, точностью диагностирования и тому подобным. Не будет преувеличением сказать, что на данный момент оценка вероятности банкротства предприятия является одним из наиболее разработанных как зарубежными, так и российскими авторами разделов финансового анализа. В связи с этим возникает потребность в изучении обширного перечня разнообразных авторских методик прогнозирования несостоятельности, оценке их достоинств и недостатков.

Предсказание банкротства как самостоятельная проблема возникла в передовых капиталистических странах (и в первую очередь, в США) вскоре после окончания второй мировой войны. Этому способствовал рост числа банкротств, связанный с резким сокращением военных заказов, неравномерность развития фирм, процветание одних и разорение других. Как следствие, возникла проблема возможности априорного определения условий, ведущих фирму к банкротству. Вначале этот вопрос решался экспертным путем, на качественном уровне, что, естественно, приводило к существенным ошибкам. Исследования аналитических коэффициентов для предсказания возможных осложнений в финансовой деятельности компаний проводились в США ещё в начале тридцатых годов [1].

В начале 40-х гг американским экономистом Дэвидом Дюраном была предложена принципиально новая методика диагностики вероятности банкротства – на основе скорингового анализа. Суть данного метода заключается в классификации предприятий по степени риска исходя из фактиче-

ского уровня показателей финансовой устойчивости и рейтинга каждого показателя, выраженного в баллах на основе экспертных оценок.

Одной из самых распространенных скоринговых моделей прогнозирования банкротства является методика У.Бивера. В 1966 году он предложил пятифакторную модель для оценки финансового состояния предприятия с целью диагностики банкротства, содержащую следующие индикаторы [2]:

- рентабельность активов;
- доля заёмных средств в пассивах;
- коэффициент текущей ликвидности;
- доля чистого оборотного капитала в активах;
- коэффициент Бивера, рассчитываемый как отношение суммы чистой прибыли и амортизации к величине заёмных средств.

Весовые коэффициенты для индикаторов в модели У.Бивера не предусмотрены и итоговый коэффициент вероятности банкротства не рассчитывается. Полученные значения данных показателей сравниваются с их нормативными значениями для трёх состояний фирмы, рассчитанными У.Бивером: для благополучных компаний, для компаний, обанкротившихся в течение года, и для фирм, ставших банкротами в течение пяти лет.

Скоринговые модели позволяли несколько упорядочить и систематизировать разнообразные показатели финансовой устойчивости предприятия, но все они в той или иной степени основаны на экспертных оценках и поэтому демонстрируемые ими результаты подвержены влиянию субъективных факторов. Первые серьезные попытки разработать эффективную методику прогнозирования банкротства относятся к 60-м гг. и связаны с развитием компьютерной техники [3]. Это значительно упростило обработку больших массивов статистических данных и позволило перейти от качественной, экспертной, оценки вероятности банкротства к количественной, основанной на математико-статистических методах.

Одним из самых известных способов диагностики считается индекс платежеспособности Эдварда Альтмана, профессора Нью-Йоркского университета. Введенный в практику в 1968 году индекс основан на мультипликативном дискриминантном анализе отчетности 66 предприятий: с 1946 по 1965 год половина была объявлена банкротами, а половина являлась успешными. Альтман изучил 22 коэффициента, выделил из них пять самых весомых и построил уравнение регрессии с выявленными эмпирическим путем, на основе статистических данных, весовыми коэффициентами. Данная методика была предназначена для анализа состояния крупных компаний, представленных на рынке ценных бумаг. В соответствии с данной методикой, оценка вероятности банкротства осуществляется на основании Z-счета [4]:

$$Z = 1,2 * X_1 + 1,4 * X_2 + 3,3 * X_3 + 0,6 * X_4 + 1,2 * X_5,$$

где  $X_1$  – отношение собственных оборотных средств (текущие активы за вычетом краткосрочных обязательств) к сумме активов, т.е. обеспеченность собственными оборотными средствами;  $X_2$  – отношение нераспределенной прибыли к сумме активов;  $X_3$  – отношение балансовой прибыли (прибыли до выплаты налогов с прибыли) к сумме активов, т.е. рентабельность активов;  $X_4$  – отношение рыночной стоимости акций в обращении к заемному (долгосрочному и краткосрочному) капиталу;  $X_5$  – отношение выручки от реализации к сумме активов, т.е. оборачиваемость активов.

Если  $Z < 1,81$ , то вероятность наступления банкротства высока, если значение  $Z$ -показателя находится в интервале от 1,81 до 2,7 – вероятность высокая, от 2,7 до 2,9 – возможность банкротства существует. Если значение индекса Альтмана более 3 – вероятность банкротства очень низкая. Точность данного прогнозирования на один год составляет девяносто пять процентов, на два года – семьдесят.

Позднее, в 1977 году, Э. Альтман разработал подобную, но более точную семифакторную модель, позволяющую прогнозировать банкротство на период до пяти лет с точностью в семьдесят процентов.

В 1983 году Э.Альтман модифицировал свою модель для предприятий, акции которых не котируются на рынках ценных бумаг. Получившееся уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Z = 0,717 * X_1 + 0,847 * X_2 + 3,107 * X_3 + 0,42 * X_4 + 0,995 * X_5$$

где  $X_1, X_2, X_3, X_5$  – аналогичны первоначальной модели;  $X_4$  – отношение балансовой стоимости акционерного капитала к заемному (краткосрочному и долгосрочному) капиталу.

Если  $Z$ -показатель менее 1,23, то вероятность банкротства высокая, если более 2,90 – низкая. Если же значение  $Z$  лежит в интервале от 1,23 до 2,90, то дать точную оценку невозможно.

Также широкое распространение получили следующие разработки западных экономистов:

- четырехфакторная модель британских ученых Р. Таффлера и Г. Тишоу (1977 г.);
- четырехфакторная модель Г. Спрингейта (1978 г.);
- девятифакторная модель Дж. Фулмера (1984 г.);

Следует отметить, что все вышеперечисленные модели содержат значения весовых коэффициентов и пороговых значений комплексных и частных показателей, рассчитанные на основе аналитических данных по экономике США (или других западных стран – Канады, Великобритании), преимущественно шестидесятых и семидесятых годов XX века. В связи с этим весьма спорным представляется возможность применения данных методик даже для современных экономик стран, в которых они были разработаны. Тем более они не соответствуют современной экономической ситуации и организации бизнеса в России, в том числе отличающейся системе бухгалтерского учёта, налогового законодательства и т.п. В связи с

этим в 90-х гг. прошлого века были предприняты многочисленные попытки корректировки разработанных западными учеными методик с целью применения их в российских условиях хозяйствования.

Необходимость корректировок одной из самых известных методик прогнозирования банкротства, пятифакторной модели Альтмана, была в первую очередь вызвана тем, что данная модель предполагает наличие биржевого, активно действующего, вторичного рынка акций, на котором определяется их цена. Четвёртый показатель Z-счёта Альтмана — отношение рыночной стоимости всех обычных и привилегированных акций акционерного общества к заёмным средствам — должен характеризовать уровень покрытия обязательств компании рыночной стоимостью её собственного капитала. Однако в настоящий момент в Российской Федерации акции лишь незначительной доли предприятий торгуются на фондовых рынках, а большая часть из торгуемых ценных бумаг характеризуется низкой ликвидностью. Таким образом, отсутствует достоверная информация о капитализации большинства предприятий. Специалисты Экспертного института Российского союза промышленников и предпринимателей предлагают руководствоваться Z-счетом без его четвертой составляющей. Некоторые российские банковские аналитики заменяли числитель этого показателя на стоимость основных фондов и нематериальных активов. Различные способы расчета данного показателя предлагали и российские ученые. Так, М. А. Федотова рекомендует определять его как отношение общей величины активов к общей сумме заемных средств. Е.С. Стоянова считает, что отсутствие данных о курсе акций предприятия не является препятствием для применения пятифакторной модели, так как рыночную стоимость акций можно оценить как отношение суммы дивидендов к среднему уровню ссудного процента. Ю. В. Адаев предлагает при расчете по модели Альтмана заменять рыночную стоимость акций на сумму уставного и добавочного капитала, так как увеличение стоимости активов предприятия приводит либо к увеличению его уставного капитала (увеличение номинала или дополнительный выпуск акций), либо к росту добавочного капитала (повышение курсовой стоимости акций в силу роста их надежности). Однако, на наш взгляд, любой из вышеприведенных способов коррекции приводит к искусственности оценок и, как следствие, искажает результаты Z-счёта.

Следует отметить, что применение прочих коэффициентов в модели Альтмана также представляет проблему для российских предприятий. К примеру, некоторые специалисты предлагают отношение нераспределенной прибыли к сумме активов принимать равным нулю, поскольку деятельность российских предприятий как акционерных только начинается.

Учеными Казанского государственного технологического университета была разработана методика, в которой предпринята попытка корректировки существующих методик предсказания банкротства с учетом специфики отраслей. Авторы методики предлагают деление всех предприятий

по классам кредитоспособности. Расчет класса кредитоспособности основан на классификации оборотных активов по степени их ликвидности.

В случае диверсификации деятельности предприятие отнесено к той группе, деятельность в которой занимает наибольший удельный вес. Однако представляется, что для крупных корпораций, отличающихся значительной диверсификацией по видам деятельности, данная методика вряд ли может быть применима. Также определенным изъяном обладает ориентация на среднеотраслевые значения показателей – во время подъема отрасли их нормативы наверняка будут завышены, во время спада – занижены.

Таким образом, многочисленные попытки коррекции и последующего применения иностранных моделей прогнозирования банкротства в отечественных условиях столкнулись со значительными трудностями. Как следствие, были предложены различные методики, базирующиеся на схожих принципах построения, но разработанные (по мнению их авторов) с учетом специфики российских условий хозяйствования.

Одной из первых российских методик прогнозирования банкротства была методика, утвержденная Распоряжением Федерального управления по делам о несостоятельности (банкротстве) от 12 августа 1994 г. №31-р [5]. В целях обеспечения единого методического подхода при проведении анализа финансового состояния предприятия и принятия на основе результатов такого анализа обоснованных решений, ФУДН разработала и утвердила «Методические положения по оценке финансового состояния предприятий и установлению неудовлетворительной структуры баланса». В соответствии с данным документом, решение о признании должника банкротом осуществлялась на основании оценки структуры баланса. Основанием для признания структуры баланса предприятия неудовлетворительной, а предприятия - неплатежеспособным, служит выполнение одного из следующих условий:

- коэффициент текущей ликвидности на конец отчетного периода имеет значение менее 2;
- коэффициент обеспеченности собственными средствами менее 0,1.

При неудовлетворительной структуре баланса для проверки реальной возможности у предприятия восстановить свою платежеспособность рассчитывается коэффициент восстановления платежеспособности сроком на 6 месяцев. При удовлетворительной структуре баланса для проверки финансовой устойчивости рассматривается коэффициент утраты платежеспособности сроком на 3 месяца.

На основе результатов, полученных с использованием данной методики, в соответствии с постановлением Правительства РФ от 20 мая 1994 г. «О некоторых мерах по реализации законодательства о несостоятельности (банкротстве) предприятий» принимались решения о признании должника банкротом. Однако многие отечественные экономисты (В.И. Терехин,

С.Н. Цыганков, В.П. Панагушин, М.Н. Крейнина, Е. А. Мизиковский, А.П. Градов) утверждают, что оценка несостоятельности предприятия при помощи данной модели не может быть объективной по следующим причинам:

- нормативные показатели не учитывают отраслевую специфику (длительность производственного цикла, характер используемого сырья и др.);
- нормативные значения коэффициентов, особенно коэффициента текущей ликвидности, представляются не отражающими реальную экономическую ситуацию в России и, как следствие, завышенными;
- между коэффициентами текущей ликвидности и обеспеченности собственными средствами существует математическая взаимосвязь и дублирование (при  $K_{тл} > 2$ ,  $K_{осс}$  будет  $> 0,5$ ), что делает излишней необходимость расчета коэффициента обеспеченности собственными средствами;
- неоднозначным является определение ликвидности активов, поскольку недвижимость, незавершенное строительство, административные здания, считающиеся неликвидными по международным стандартам, в российских условиях хозяйствования могут быть более ликвидными, нежели отдельные виды продукции и производственных запасов;
- данная методика не учитывает такие важные экономические показатели, как прибыль и рентабельность, что может привести к признанию неплатежеспособными предприятий, имеющих устойчивый рост производства и положительную рентабельность.

Следствием неудовлетворительного качества законодательно установленной методики явилось появление большого числа авторских разработок, которые могли быть использованы предприятиями в досудебной практике.

Наибольшую известность приобрели в отечественной практике экономического анализа приобрели следующие методики:

- четырехфакторная модель, разработанная учеными Иркутской государственной экономической академии Г.В. Давыдовой и А.Ю. Беликовым;
- пятифакторная модель украинских экономистов В.А. Пареной и И.А. Долгалева;
- скоринговая модель ранжирования предприятий Л.В. Донцовой и Н.А. Никифорова;
- пятифакторная методика Р.С. Сайфуллина и Г.Г. Кадыкова;
- шестифакторная модель О.П. Зайцевой;

Однако при всех достоинствах количественного подхода (объективность, простота использования, универсальность, легкость интерпретации), вышеперечисленным методикам прогнозирования банкротства свойственны те или иными недостатки, основным из которых является недостаточ-

ная обоснованность весовых коэффициентов и пороговых значений. Отсутствие в России накопленной статистики по предприятиям-банкротам не позволяет скорректировать методику их исчисления с учётом российских экономических условий, а определение данных коэффициентов экспертным путём или на основе нормативных значений, очевидно, не обеспечивает достаточной точности прогнозирования.

В условиях подобной нехватки статистической информации особую актуальность приобретают качественные модели оценки вероятности банкротства. В отличие от большинства количественных методик, они позволяют учесть отраслевую и иную специфику деятельности предприятия, а также легко могут быть подвергнуты корректировке в случае изменения условий хозяйствования.

Одной из наиболее известных качественных методик прогнозирования банкротства, позволяющей диагностировать не только финансовый кризис на предприятии, но и кризис управления, является так называемый А-счет (показатель Аргенти), предложенный Джоном Аргенти.

Согласно данной методике, исследование начинается с предположений, что, во-первых, идет процесс, ведущий к банкротству, во-вторых, процесс этот для своего завершения требует нескольких лет и, наконец, процесс может быть разделен на три стадии:

- недостатки – компании, скатывающиеся к банкротству, годами демонстрируют ряд недостатков, очевидных задолго до фактического банкротства;
- ошибки – вследствие накопления этих недостатков компания может совершить ошибку, ведущую к банкротству (предполагается, что компании, не имеющие недостатков, не совершают ошибок, ведущих к банкротству);
- симптомы – совершенные компанией ошибки начинают выявлять все известные симптомы приближающейся неплатежеспособности: ухудшение показателей (скрытое при помощи «творческих» расчетов), признаки недостатка денег и тому подобное.

Основным достоинством данного метода анализа является то, что при использовании простейших терминов он учитывает наиболее показательные ошибки, совершаемые руководством предприятия на всех уровнях управления и на всех стадиях банкротства.

Отечественные экономисты А.И. Ковалев и В.П. Привалов предлагают следующий перечень неформализованных критериев для прогнозирования банкротства предприятия:

- неудовлетворительная структура имущества, в первую очередь активов;
- замедление оборачиваемости средств предприятия;
- сокращение периода погашения кредиторской задолженности при замедлении оборачиваемости текущих активов;



- тенденция к вытеснению в составе обязательств дешевых заемных средств дорогостоящими и их неэффективное размещение в активе;
- наличие просроченной кредиторской задолженности и увеличение ее удельного веса в составе обязательств предприятия;
- значительные суммы дебиторской задолженности, относимые на убытки;
- тенденция опережающего роста наиболее срочных обязательств в сравнении с изменением высоколиквидных активов;
- устойчивое падение значений коэффициентов ликвидности;
- нерациональная структура привлечения и размещения средств, формирование долгосрочных активов за счет краткосрочных источников средств;
- убытки, отражаемые в бухгалтерском балансе;
- состояние бухгалтерского учета на предприятии.

Также достаточно известной качественной методикой диагностики банкротства являются рекомендации Комитета по обобщению практики аудирования (Великобритания), содержащие перечень критических показателей для оценки возможного банкротства предприятия. В.В. Ковалев, основываясь на разработках западных аудиторских фирм и преломляя эти разработки к отечественной специфике бизнеса, предложил следующую двухуровневую систему показателей.

К первой группе относятся критерии и показатели, неблагоприятные текущие значения или складывающаяся динамика изменения которых свидетельствуют о возможных в обозримом будущем значительных финансовых затруднениях, в том числе и банкротстве. Во вторую группу входят критерии и показатели, неблагоприятные значения которых не дают основания рассматривать текущее финансовое состояние как критическое. Вместе с тем, они указывают, что при определенных условиях или принятии действенных мер ситуация может резко ухудшиться. Что касается критических значений, то они должны быть детализированы по отраслям и подотраслям, а их разработка может быть выполнена после накопления определенных статистических данных.

Несомненным достоинством каждого из вышеприведенных качественных методов является системный и комплексный подходы к прогнозированию кризисных явлений. При этом основные недостатки заключаются в том, что принятия решений в условиях многокритериальной задачи на основании качественных моделей представляет собой чрезвычайно сложный и трудоемкий процесс, эффективность результатов которого в значительной степени зависит от профессионализма проводящего оценку эксперта. Также следует отметить субъективность принимаемого прогнозного решения и возникающую в определенных случаях проблему интерпретации полученных результатов.

Таким образом, как количественные, так и качественные методы прогнозирования банкротства обладают рядом неустраняемых на данный момент недостатков, что, в свою очередь, обуславливает необходимость дальнейших исследований в этой области. Представляется, что усилия должны быть направлены не только на адаптацию западного опыта, но и на разработку принципиально новых моделей и подходов к решению данной задачи, призванных устранить связанные со спецификой российских условий хозяйствования трудности прогнозирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалёв В.В. Введение в финансовый менеджмент / В.В. Ковалев. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 342 с.
2. Beaver W.H. Financial Ratios and Predictions of Failure / W.H. Beaver // Empirical Research in Accounting Selected Studies, Supplement to Journal of Accounting Research. – 1966. – № 3. – P. 115-143.
3. Эйтингон В.Н. Прогнозирование банкротства: основные методики и проблемы / В.Н. Эйтингон, С.А. Анохин // Менеджмент в России и за рубежом. – 2002. – № 5. – С. 5-7.
4. Altman E.I. Financial Ratios. Discriminant Analysis, and the Prediction of Corporate Bankruptcy / E.I. Altman // Journal of Finance. – September 1968. – P. 736-751.
5. Распоряжение ФУДН при Госкомимуществе РФ от 12 августа 1994 г. №31-р «Об утверждении методических положений по оценке финансового состояния предприятий и установлению неудовлетворительной структуры баланса» // Экономика и жизнь. – 1994. – № 44.

УДК 669.1:658

В.А. Быстров, Р.С. Ермолаев, А.В. Стак

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮГА КУЗБАССА ЖЕЛЕЗОРУДНЫМ СЫРЬЕМ

В работе приведен анализ общих проблем обеспечения металлургических предприятий железорудным сырьем. Выявлены основные тенденции железорудной отрасли России.

The analysis of the common problems of providing metallurgical plants with iron ore is carried out in this paper. The main tendencies of ore mining and processing industry in Russia are defined.

Определяющей целью развития металлургического комплекса РФ до 2015 г. и на дальнейшую перспективу считается создание условий для подъема экономики на основе инноваций в России, обеспечивающих ее развитие, базирующееся на таких положениях, как экономическая эффективность, экологическая безопасность, ресурсосбережение, конкурентоспособность конечной продукции. Основопологающими в плане инновационного развития являются результаты финансово-экономической деятельности металлургического комплекса РФ, которые в значительной степени определяются итогами работы трех комбинатов – ММК, НЛМК, «Северсталь». Они обеспечивают ежегодно более 50 % всего производства проката в стране, формируют 60 % прибыли. К ним по основным показателям подтягиваются и другие интегрированные компании («Евразхолдинг», «Мечел», предприятия других крупных холдингов, в частности ОЭМК, «Уральская сталь»), на которые приходится 36,2 % выпуска проката в стране и 21 % прибыли. Уровень загрузки мощностей на данных предприятиях составляет около 90 %, что связано с проводимой реконструкцией производства [1-3]. Изменения этих параметров отражают позитивные процессы в способах производства металла: последовательное улучшение соотношения выплавки стали и производства проката в результате внедрения непрерывной разливки стали, что привело к сокращению оборотных отходов в металлургии; увеличение глубины переработки металла; ускоренное развитие вторичной металлургии в России, что отразилось на изменении соотношения выплавки чугуна и стали. Производственно-технологические и структурные факторы совершенствования технологических процессов пока оказывали относительно небольшое позитивное влияние на изменение се-

бестоимости продукции. Производство чугуна, стали, проката в данный период времени изменилось незначительно (рост на 5÷6 %), технологические нормы расходов имели тенденцию к снижению (в пределах 1,5÷3 %), в структуре затрат на сырье увеличивается доля металлолома, что снижает стоимость материальных затрат на 1т продукции примерно на 30 % [1]. В последнее время идет неуклонное, хотя и незначительное снижение удельных затрат по всему металлургическому переделу. Показатели изменения удельного расхода ЖРС, содержания кокса в шихте на переделный чугун, удельного расхода стали на готовый прокат на отдельных металлургических предприятиях РФ за 2006 г. по сравнению с 2005 г. приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Изменение удельного расхода ЖРС в шихте на переделный чугун, расход стали на 1 т готового проката по предприятиям ЧМ РФ

Предприятия	Расход ЖРС, кг/т чугуна		Доля непрерывнолитой заготовки в заданном, %		Расход стали, кг на 1 т готового проката	
	2005 г.	2006 г.	2005 г.	2006 г.	2005 г.	2006 г.
ММК	1707,3	1676,8	91,1	100,0	1091,0	1083,7
«Северсталь»	1578,8	1585,0	92,6	90,2	1108,1	1110,2
ЧМК	1730,9	1725,8	42,4	42,0	1191,7	1188,9
НТМК	1691,7	1677,4	71,9	70,4	1106,7	1114,3
ЗСМК	1681,3	1671,7	21,0	43,6	1111,6	1094,2
НКМК	1736,2	1734,3	54,1	64,4	1100,0	1114,6
НЛМК	1625,4	1618,4	100,0	100,0	1063,7	1068,7
«Тулачермет»	1732,1	1746,3	-	-	-	-
«Уральская сталь»	1667,4	1648,7	20,3	23,3	1267,8	1278,5
ОЭМК	-	-	-	-	1062,5	1062,9

Существенное снижение расхода стали на прокат произошло на ЗСМК (на 17,4 кг/т), что связано с вводом в работу слябовой МНЛЗ и увеличением отгрузки литой заготовки в 4,7 раза.

Важнейшей проблемой развития металлургических предприятий Юга Кузбасса остаётся слабая региональная железорудная база. В настоящее время НКМК полностью обеспечен железорудным сырьем (ЖРС) с Кузнецкого ГОКа. ОАО «ЗСМК» же после потери рыночного контроля над Коршуновским ГОКом потребляет более бедные кузнецкие, красноярские и хакасские руды и завозит ЖРС из центральной и Северо-Западной части России. При этом ОАО «ЗСМК» находится под влиянием рыночной власти основного поставщика ЖРС – Михайловского ГОКа, цены на продукцию которого напрямую зависят от конъюнктуры не только российского, но и европейского рынков. Структура поступающего ЖРС на ЗСМК в основном

базируется на привозном – 73 %, причем преобладают дальние поставщики, что показано в таблице 2. В настоящее время Группа Евраз контролирует Качканарский ГОК, Высокогорский ГОК и Евразруду [4].

Таблица 2 – Поставки ЖРС на меткомбинаты Юга Кузбасса

Расстояние от поставщика до потребителя, км		Поставщики	Место дислокации
расстояние	структура, %		
до 500	27	ООО «Кузнецкий ГОК»	Кемеровская область: Абагурская ОАФ Таштагольское РУ Казское РУ Темиртаусское РУ Шерегешское РУ Республика Хакасия: Абаканская РУ Тейское РУ Красноярский край: Краснокамское РУ
2000	32,8	Коршуновский ГОК Соколово-Сарбайский ГОК Качканарский ГОК	Иркутская область Казахстан Свердловская обл.
4250	29,2	Михайловский ГОК	Курская область
6000	11,0	ОАО «Карельский окатыш»	Карелия
4400		Лебядинский ГОК	Курская область

На протяжении последних лет российский рынок ЖРС развивался вопреки общемировой тенденции горизонтальной интеграции в отрасли, большинство отечественных производителей ЖРС вошли в состав металлургических холдингов и, по сути, стали сырьевыми придатками сталелитейных компаний. В условиях ограниченности свободного внутреннего рынка, объединение двух крупнейших производителей – Михайловского и Лебединского ГОКов – фактически привело к образованию монополии в отрасли. В силу высокой концентрации российского производства ЖРС в руках вертикально интегрированных металлургических групп, внутренние цены на сырье в значительной степени зависят от ценовой политики внутри холдингов. Статус дочернего предприятия фактически лишает железорудные компании возможности устанавливать цены на свою продукцию без учета интересов холдинга [4].

Развитие горнорудного производства в значительной степени определяется наличием запасов руд, их качеством и условиями добычи. В последнее время в связи с резким увеличением добычи сырья, в том числе из-за постоянного роста тарифов на энергоносители и железнодорожные перевозки, поменялись критерии экономической оценки месторождений и эффективности их разработки (таблица 3).

Практически в России имеются месторождения всех видов минерального сырья, но их запасы и разработка в рыночных условиях неэффективны и непривлекательны для инвесторов. Высокие риски и большие капитальные затраты на освоение таких месторождений приводят к тому, что предприниматели не финансируют геологоразведочные работы по переводу прогнозных ресурсов, разведанных еще за счет государственных средств бывшего СССР, в промышленные для последующей их разработки. Назревает критическая ситуация с геологоразведочными работами. По данным РОССТАТА, в 1994–2005 гг. доля геологоразведочных работ по рудам черных металлов снизилась с 0,6 до 0,2 %, а цветных и редких металлов – с 4,9 до 0,9 %. В то же время по нефти и газу увеличилась с 73,1 до 77,8 % (в 2001 г. – 83,3 %). В результате отработанные и списываемые с баланса объемы руд не покрываются приростом запасов, а это ведет к постоянному снижению рудно-сырьевого потенциала металлургии (таблица 4).

За последние десять лет детально не разведывались и не были утверждены запасы ни по одному крупному месторождению твердых полезных ископаемых для металлургии. В связи с этим Россия значительно отстает от среднемировых показателей по уровню интенсивности освоения минерально-сырьевой базы. Обеспеченность металлургическим сырьем является весьма актуальной темой, так как в декабре 2004 г. по сравнению с декабрем 2003 г. цены на концентрат выросли в 2,2 раза, на окатыши – в 2,4 раза, и рост цен продолжается, что может вызвать очередное увеличение цен на металлопродукцию [3]. Учитывая высокие прогнозируемые темпы роста металлургии и ограниченность мощностей в горнодобывающей отрасли, цены на сырье надолго удержатся на высоком уровне.

Очевидно, что снижение затрат на ЖРС окажет положительное влияние на изменение себестоимости продукции. Меткомбинаты Юга Кузбасса, должны стремиться к независимости от процессов на рынке сырья, к обладанию собственным, желательным дешёвым, ресурсным обеспечением, к использованию системы долгосрочных договоров на поставку сырья. Важной стратегией развития металлопроизводителей Юга Кузбасса должна стать стратегия «сырьевой безопасности». Сегодня можно с уверенностью говорить о том, что металлургия вступила в новую эпоху – эру сырья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буданов И.А. Проблемы черной металлургии / И.А. Буданов // Экономист. – 2007. – № 3. – С. 26-37.
2. Петракова Т.М. Итоги работы предприятий черной металлургии России за 9 мес. 2006 г. / Т.М. Петракова // Бюллетень «Черная металлургия». – 2006. – № 12 – С. 3-8.
3. Некрасов В.М. Успехи и проблемы российской металлургии / В.М. Некрасов // ОАО «Черметинформация». Бюллетень «Черная металлургия». – 2005. – № 5. – С. 3-9.
4. Полухин П. Перспективы Российской горнорудной отрасли / П. Полухин // Национальная металлургия. – 2006. – № 5 – С. 21-27.

Таблица 3 – Российские железорудные компании

Компания	Сравниваемые показатели работы по различным ГОКом и компаниям									
	Товарная продукция	Запасы млн. т.	Срок жизни, лет	Пр-во, млн. т.	Основные покупатели в России	Экспорт, %	Владелец			
Лебединский ГОК	Концентрат, Окагы- ши, ГБЖ	4826	99	18,3	ОЭМК, ЧМК, НЛМК	41	Газметалл			
Михайловский ГОК	Концентрат, Окагы- ши, прочее	10 626	250	15,8	УралСталь, ЗСМК, Тулачермет	39	Металлоин- вест			
Качканарский ГОК	Окагыши, агломерат	2905	63	8,0	НТМК, ЗСМК, НКМК, ЧМЗ	1	Евраз			
Стойленский ГОК	Концентрат	4985	205	11,9	НЛМК	-	НЛМК			
Карельский Окагыш	Окагыши	1214	48	8,8	Северсталь	26	Северсталь			
Ковдорский ГОК	Концентрат	276	17	5,8	Северсталь	27	ЕвроХим			
Оленегорский ГОК	Концентрат	424	35	4,0	Северсталь	-	Северсталь			
Коршунковский ГОК	Концентрат	225	20	4,5	Челябинский МК	14	Мечел			
Высокогорский ГОК	Агломерат	374	98	2,6	НТМК	1	Евраз			
КМА руда	Концентрат	65	16	1,9	НЛМК	-	НЛМК			
Богословское РУ	Концентрат	56	24	1,4	НТМК, МЗ Серова	-	УГМК			
Евразруда	Концентрат, агломерат	468	33	6,0	ЗСМК, НКМК	-	Евраз			
Итого	-	26445	-	89,0	-	20,8	-			
<p><i>Суммарные промышленные запасы железной руды по российским стандартам (категории A+B+G). Выпуск товарной продукции в 2005 году Источники: данные компаний, оценки ОЛМА</i></p>										

Таблица 4 – Обеспеченность Российских сталелитейных компаний собственным ЖРС (данные 2005 г.)

Компания	Железорудные активы	Выпуск ЖРС			Сталелитейные активы (Россия)	Выпуск чугуна + ГБЖ Fe, млн.т.	Излишек (- нехватка) Fe, млн.т.	Обеспеченность ЖРС %
		Млн. т.	Fe, %	Fe, млн.т.				
Металло-инвест	Лебединский ГОК Михайловский ГОК Качканарский ГОК	37,1	66	24,6	Уральская Сталь, Оскольский ЭМК НТМК, ЗСМК,	5,7	18,9	433
Евраз Групп	Высокогорский ГОК Евразгруппа	18,0	53	9,6	НКМК	11,5	-1,9	84
НЛМК	Стойленский ГОК КМА-руда	13,7	65	8,9	НЛМК	7,9	1,1	113
Север-сталь	Карельский Окагыш Оленегорский ГОК	13,1	65	8,6	Северсталь	8,0	0,6	107
Мечел	Коршунковский ГОК	4,5	63	2,8	Челябинский МК	3,3	-0,5	85
УГМК	Богословское РУ	14	52	0,7	МЗ имени Серова	0,4	0,3	191
ММК	Собственное пр-во	1,5	65	1,0	ММК	9,7	-8,7	10
Прочие	Ковдорский ГОК, прочие	7,4	64	4,7	Тулачермет, Чусовской МЗ, Косогорский МЗ	5,0		-
Россия, всего	-	96,8	63	61,0	-	51,4	9,5	119
<i>Суммарный выпуск железорудного концентрата и товарной руды. Источники: данные компаний, оценки ОЛМА</i>								



УДК 669.1:658

В.А. Быстров, А.В. Стак, Р.С. Ермолаев

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ЗАПАСАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В работе предложена методика управления запасами с помощью математической модели, с учетом расходов на хранение, транспортных расходов, и на дополнительном этапе учитывается, вероятностный характер спроса.

The author suggested the method of the resources management with the mathematic model considering expanses for straging, transportation, and during the additional stage probabilistic demandcharacter is considered.

В течение последних лет на предприятиях возрастает интерес к научному управлению запасами. Под научным управлением запасами обычно понимают применение математических методов для выяснения правил функционирования складских систем. Этот предмет исследования вызвал такой интерес, что предприятия создают отдельные подразделения, задача которых разрабатывать методики расчетов нормативов запаса.

Теория управления запасами относится к числу наиболее молодых отраслей исследования операций, хотя отдельные результаты ее получены достаточно давно. Формирование необходимой нормативной базы для управления производством, материальными и финансовыми потоками является обязательным, сегодня без этого нельзя повысить эффективность хозяйственной деятельности. Но создание на основе разработанных методических документов нормативной базы по всем элементам путем расчетов, выполняемых вручную, достаточно трудоемкая и дорогостоящая задача. В значительной степени затраты могут быть сокращены при разработке системы норм с помощью применения автоматизированных программных комплексов, которые дают возможность формировать и периодически обновлять нормативную базу. Кроме того, она позволит в автоматизированном режиме осуществлять контроль эффективности производственно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятия. Все затраты на формирование нормативной базы с лихвой окупаются в перспективе.

Актуальность данной проблемы заключается в том, что эффективное управление в современных условиях рынка – необходимое условие повы-

шения эффективности бизнеса, создания, развития и реализации конкурентных преимуществ предприятия.

Материально-производственные запасы являются составной частью оборотных активов организации. Наиболее общую формулировку понятия запасы дает А.М. Гаджинский в своей книге «Логистика» [1]: «Материальные запасы – это находящиеся на разных стадиях производства и обращения продукция производственно-технического назначения, изделия народного потребления и другие товары, ожидающие вступления в процесс производственного или личного потребления».

Материально-производственные запасы в самом общем виде классифицируются по трем видам:

- а) производственные запасы;
- б) незавершенное производство;
- в) готовая продукция на складе.

На пути превращения сырья в конечное изделие и последующего движения этого изделия до конечного потребителя создается два основных вида запасов производственные и товарные, что показано на рисунке 1.

Производственные и товарные запасы подразделяются на текущие и страховые.

Текущие запасы – основная часть производственных и товарных запасов. Они обеспечивают непрерывность производственного и торгового процесса между очередными поставками.

Страховые запасы – предназначены для непрерывного обеспечения материалами или товарами производственного или торгового процесса в случае различных непредвиденных обстоятельств, например, таких как:

- отклонения в периодичности и объеме партий поставок от предусмотренных договором;
- возможных задержек материалов или товаров в пути при доставке от поставщиков;
- непредвиденного возрастания спроса.

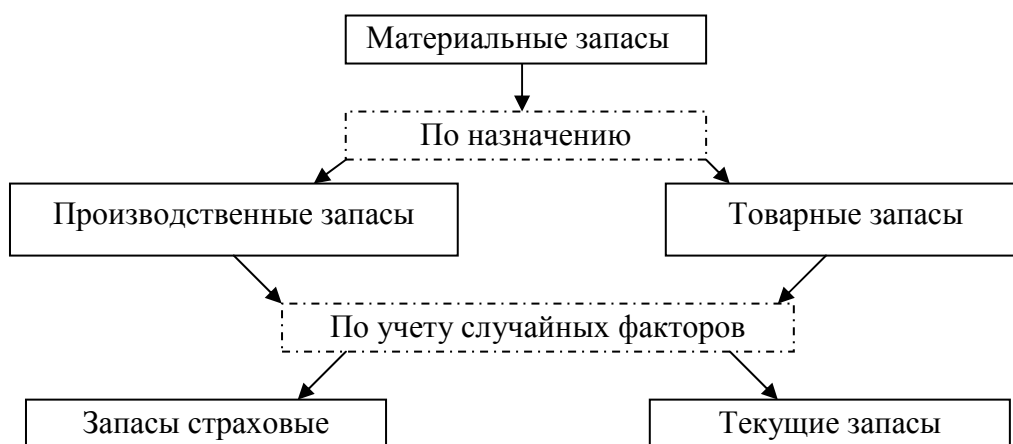


Рисунок 1 – Виды материальных запасов на предприятии

Помимо выше указанной классификации, запасы можно разделить по способу пополнения: на непрерывно пополняемые запасы (в основном это запасы готовой продукции и (или) незавершенное производство), пополняемые через интервал времени, как правило, это производственные запасы (т.е. товарно-материальные ценности (ТМЦ), закупаемые на стороне для обеспечения производственного процесса).

В данной статье рассматривается проблема управления запасами при периодическом их пополнении, так как минимизация подобного вида запасов представляется нам наиболее сложной и наименее исследованной. При периодическом пополнении запаса говорить об установлении нормы запаса находящегося на складе не имеет практического смысла, так как списание запаса в производстве производится непрерывно, а запас пополняется через определенные промежутки времени, следовательно, мы ставим перед собой задачу определения оптимального размера заказа и интервала времени между поставками. Таким образом, предлагается методика управления запасами ТМЦ на основе ранее разработанных математических моделей.

Для определения оптимального размера заказа в современной литературе по логистике чаще всего предлагается «Однопродуктовая детерминированная модель без учета вероятностного характера спроса» [3] вида

$$q = \sqrt{\frac{2k\mu}{h}}, \quad (1)$$

где  $q$  – оптимальный размер заказа;  $k$  – затраты на оформление одного заказа;  $\mu$  – интенсивность спроса;  $h$  – затраты на хранение одной единицы продукта в единицу времени.

Однако для внедрения данной модели в управление запасами необходимо еще рассчитать несколько дополнительных параметров. Необходимо определить интервал времени между поставками, точку заказа. Интервал времени между поставками рассчитывается как отношение запаса на складе на момент поступления ТМЦ к интенсивности спроса.

$$T = \frac{q}{\mu}, \quad (2)$$

где  $T$  – интервал времени между поставками.

Точка заказа определяется как

$$S_1 = \mu \times l, \quad (3)$$

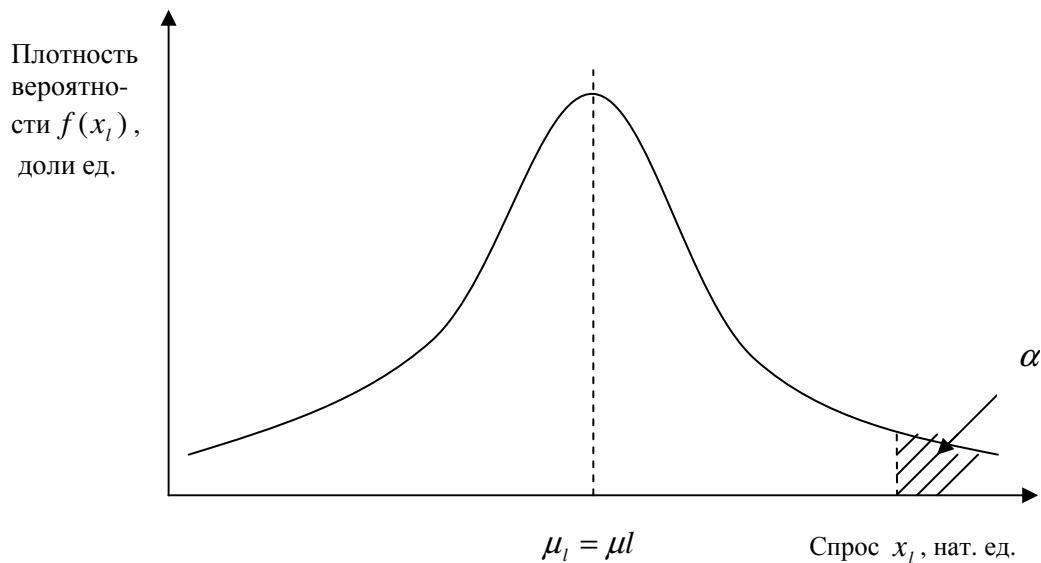
где  $S_1$  – уровень запаса, при достижении которого необходимо разместить заказ;  $l$  – время, необходимое на оформление заказа на транспортировку, погрузочно-разгрузочные работы.

Данная модель достаточно проста в применении, однако она не учитывает вероятностный характер спроса. Для того чтобы исправить данную ситуацию, предлагается проводить дополнительный этап по определению резервного запаса. В реальности спрос – величина случайная, чтобы учесть вероятностный характер спроса, не прибегая к вероятностным моделям, су-

существует приближенный метод. Этот метод предусматривает создание резервного запаса на всем горизонте планирования. Размер страхового запаса определяется таким образом, чтобы вероятность истощения запаса в течение времени выполнения заказа не превышала заранее заданной величины.

Пусть величина спроса за время  $l$  распределенная нормально  $f(x_l)$  – плотность вероятности запаздывания поставки за время  $l$ . Тогда, если вероятность истощения резервов  $R$ , за время запаздывания поставки  $l$ , не должна превышать  $\alpha$ , можно составить неравенство, характер распределения которого показан на рисунке 2.

$$P(x_l \geq R + \mu l) \leq \alpha, \quad (4)$$



$\mu l$  – средний объем спроса за время запаздывания поставки  $l$

Рисунок 2 – График вероятностного характера спроса за время запаздывания поставки

Отклонение от этой величины должно быть не больше  $\alpha$ .

$$P(x_l \leq \mu l + R) \geq \beta, \quad (5)$$

$$\beta = 1 - \alpha,$$

где  $\beta$  – вероятность бесперебойной работы, доли ед.;  $\alpha$  – вероятность возникновения дефицита, доли ед.

На практике часто принимают  $\alpha = 5\%$ . Это значит, что вероятность бесперебойной работы должна составлять 95% случаев. В данном случае мы имеем нормальное распределение. Однако, практически определение страхового запаса возможно при любом распределении.

При определении страхового запаса необходимо помнить, что среднестатистический спрос должен удовлетворяться из основного запаса, за время запаздывания поставки, страховой запас должен лишь обеспечить превышение потребления ТМЦ, за время поставки с заданной долей вероятности.

На заключительном этапе необходимо скорректировать точку заказа на размер страхового запаса то есть

$$S_2 = S_1 + R.$$

В качестве примера рассчитаем необходимый размер заказа ролика 159x530 для коксохимического производства ОАО «НКМК». Этот ролик установлен на конвейерных лентах в цехе коксовых батарей и в углеподготовительном цехе. На начальном этапе, был проведен анализ на соответствие эмпирического распределения теоретическому, при помощи критерия согласия. В нашем случае мы будем использовать критерий Пирсона или  $\chi^2$  (критерий хи-квадрат). Критерий Пирсона показал, что списание роликов в производство происходит не равномерно, но подчиняется экспоненциальному закону распределения случайных величин. Таким образом, мы можем применить нашу модель для данного вида запасов.

$$k = 154 \text{ руб.}; \quad \mu = 90 \text{ роликов/мес.} \quad h = 4,007 \text{ руб./шт.мес.}$$

Далее по формуле (1) рассчитаем необходимый объем партии

$$q = \sqrt{\frac{2 \times 154 \times 90}{4,007}} = 83,17 \text{ (рол.)}$$

Далее по формуле (2) рассчитаем средний интервал между поставками

$$\tau = \frac{q}{\mu} T = \frac{83,17}{90} 30 = 27,72 \text{ (сут.)}$$

Уровень запаса на складе определим по формуле (3), при котором необходимо размещать заказ

$$S_1 = \mu l = \frac{90}{30} \times 5 = 15 \text{ (рол.)}$$

Определяя оптимальный объем заказа данным методом необходимо размещать заявку на 83 ролика, в момент, когда количество данного вида ТМЦ на складе достигает 15 штук, со средней периодичностью 28 дней.

Из таблицы 1 видно, что обеспечение бесперебойной работы в более чем 95 % случаев возможно при наличии на складе 10 роликов в сутки. Математическое ожидание равно 3 ролика в сутки, поскольку время запаздывания поставки равно 5 суток страховой запас равен

$$R = (10 - 3) \times 5 = 35 \text{ роликов.}$$

Далее необходимо скорректировать точку заказа

$$S_2 = 35 + 15 = 50 \text{ роликов.}$$

Таким образом, можно говорить, что при достижении запаса уровня в 50 роликов необходимо размещать заказ на 83 ролика.

Таблица 1 – Сгруппированный статистический ряд распределения количества роликов ежедневно списываемых в производство со складов № 14 и № 12 КХП

№ интервала	Диапазон изменения количества списываемых роликов		Середина интервала, шт./сут.	Наблюденная частота, сут. $o_i$	Частота, доли ед.	Накопленная частота, дол. ед.
	нижняя граница интервала	верхняя граница интервала				
1	0	2	1	12	0,387097	0,387097
2	2	4	3	9	0,290323	0,677419
3	4	6	5	4	0,129032	0,806452
4	6	8	7	3	0,096774	0,903226
5	8	10	9	2	0,064516	0,967742
6	10	12	11	1	0,032258	1
7	12	14	13	0	0	1
Итого	-	-	-	31	1	-

Таблица 2 – Экономический эффект от применения предлагаемой методики, в рублях

Вариант расчета	Затраты по хранению	Затраты по приобретению	Затраты по оформлению заказа	Итого затрат по управлению запасами
Факт	641.12	66700	115.5	67458.34
Детерминированная модель управления запасами (с учетом страхового запаса)	306.54	62281.13	173.25	62760.91

Представленная методика показала, что ее применение возможно в производстве, но требует достаточного обширного количества эмпирических данных. В целях повышения эффективности управления запасами можно рекомендовать постоянное отслеживание динамики потребления ТМЦ, определение затрат связанных с хранением по каждому складу дифференцированно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаджинский А.М. Логистика [Текст] / А.М. Гаджинский. – М.: Центр экономики и маркетинга. 2002. – 168 с.
2. Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике / Н.Ш. Кремер. – М.: «Банк и биржи» издательское объединение «ЮНИТИ», 1997. – 325 с.
3. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управления запасами: Учебник для вузов [Текст] / Ю.И. Рыжиков. – СПб: Питер, 2001. – 430 с.
4. Хедли Дж. Анализ систем управления запасами: [Текст] / Дж. Хедли, Т. Уайтин / Под ред. А.Л. Райкина. – М.: 1969. – 465 с.

УДК 621.311.16

К. А. Черепанов, М.В. Темлянцев, З.А. Масловская

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## О КОМПЛЕКСНОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В статье рассматривается проблема разработки энергосберегающих конструкций футеровок и обмуровок высокотемпературных агрегатов, новых теплоизоляционных материалов для строительства, теплоэнергетики и металлургии.

In the article the problem of development energy-savings of designs of linings of high-temperature aggregates new thermal insulation of materials for construction, metallurgy is considered.

Экономное, бережное отношение как к электрической, так и к тепловой энергии является одним из важнейших факторов жизнедеятельности человека. Производители и потребители энергии стремятся уменьшить ее потери, однако идут при этом разными путями. Известно, что при производстве тепловой энергии в котлоагрегатах температура теплоносителя (пара или горячей воды) зависит от многих факторов, одним из которых является надежная защита наиболее высокотемпературной части котла - его топочного пространства. От того насколько хорошо «работает» обмуровка котла в течение отопительного сезона зависит надежность подачи тепла в больницы, школы, детские учреждения и дома жителей. То же самое наблюдается и на промышленных предприятиях, например, качество работы сушилок на углеобогатительных фабриках во многом зависит от стойкости футеровки в наиболее теплонапряженных ее частях.

Не менее эффективно можно беречь тепло и при отоплении зданий, особенно жилья (теплопотери при транспортировке теплоносителя от производителя к потребителю здесь не рассматриваются). Мы, также, не будем акцентировать внимание на устройство наружной теплоизоляции зданий, в т. ч. и на вентилируемые фасады, выполняемые по зарубежным технологиям, реализация которых весьма дорога, по этой причине строящееся потенциально доступное жилье становится недоступным для многих категорий населения, особенно бюджетников.

Выход из создавшегося положения общеизвестен – поставить на пути оттока тепла из здания в окружающую среду своеобразный заслон из пористого материала, имеющего, как известно, значительно меньшую теп-

лопроводность по сравнению с обычно применяемыми плотными изделиями (кирпичи, блоки). Такой пористый материал известен – это ячеистый бетон (пено- и газобетон). Он хорош всем, кроме одного – он имеет низкую прочность на сжатие (и на изгиб) как и все пористые материалы. В связи с этим перед учеными, работающими в области ячеистых бетонов, и производителями такого материала стоит важная задача – получить ячеистый бетон повышенной прочности. Эта проблема рассматривается, в частности, на семинарах, организуемых межрегиональным отраслевым объединением «Союз Строителей Сибири» и проводимых в рамках выставок-ярмарок «СибСтройЭкспо», (г. Новосибирск). Такой материал (например, в виде блоков) может быть использован по двум направлениям: малоэтажное строительство, либо, наоборот, строительство многоэтажных (высотных) домов каркасного типа. В последнем случае ограждающие конструкции не являются несущими и могут изготавливаться из ячеистого бетона, но повышенной прочности, превосходящей требуемую по ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые» в 1,5 – 2 раза. Особенно важно использование такого материала в высотных домах, возводимых в сейсмоопасных зонах.

Нами найдено оптимальное решение проблемы энергосбережения как для случая экономичной работы котлов (и других теплоагрегатов), так и для потребителей тепловой энергии (например, жилье). В первом случае для изготовления и ремонта обмуровки котлов используется сырьевая смесь, в которой применяется связующее нового поколения – керамическая суспензия, в составе которой имеется коллоидный кремнезем [1,2]. Во втором случае разработана ресурсо- и энергосберегающая технология изготовления газобетона повышенной прочности, превышающей требуемую по ГОСТ 25485-89 в 1,5 раза (используется указанная выше связка). Так, например, перед отопительными сезонами 2005 – 2007 г.г. обмуровка двух котлов Е (ДЕ)-16-14 ГМ паропроизводительностью 16 т/ ч (ООО Паросиловой центр, г. Новокузнецк) была отремонтирована с помощью разработанной сырьевой смеси. После остановки их весной 2007 г. произведенный контроль обмуровки этих котлов показал ее хорошее состояние, поэтому указанные котлы без какого-либо ремонта обмуровки были «запущены» в отопительный сезон 2007 – 2008 гг. Приведенный пример показывает, что в деле сбережения энергии важным является не только экономичная тепловая работа котла, которая во многом зависит от состояния обмуровки (ее изношенности), но и отсутствие необходимости ежегодно ее ремонтировать.

Использование разработанной сырьевой смеси возможно не только в коммунальной энергетике, но и в промышленности в целом (различного рода печи, сушилки углеобогатительных фабрик и т.д.). Ее применение позволяет отказаться от малоэффективных технологий ремонта футеровок (обмуровок) сырьевыми смесями, в качестве вяжущего в которых часто применяют портландцемент и, в лучшем случае, жидкое стекло. В тоже



время известно, что при разрушающейся обмуровке возрастают потери тепла и тогда для поддержания необходимого теплового и температурного режимов требуется больший расход топлива, одновременно с этим вновь увеличиваются тепловые потери и т.д. Следует отметить, что повышение стойкости футеровки (обмуровки) тепловых агрегатов имеет не только экономический, но и существенный экологический эффект, связанный как с ресурсо- и энергосбережением, так и с уменьшением загрязнения окружающей среды. При решении проблемы энергосбережения необходимо учитывать и экологическую безопасность, которая зависит от многих факторов, в том числе, от экологической «чистоты» используемых теплоизоляционных материалов, например продукции, изготовленной из минеральной ваты.

Как известно, при получении минераловатных изделий (матов, плит, скорлуп и т.д.) основными этапами производства являются получение тонких нитей из расплава (шлака или различных горных пород – в основном из базальта) и своеобразного скрепления их друг с другом с помощью связующего. В качестве последнего обычно применяют фенолформальдегидные смолы, которые являются довольно опасным веществом, обладающим канцеро- и мутагенными свойствами. Их негативное воздействие на человека наблюдается уже на производстве, но поскольку работники находятся в цехе, на участке ограниченное время (например, смену), то с этим еще можно мириться. В то же время минераловатные изделия обладают отличными теплоизоляционными свойствами и их можно было бы использовать для снижения теплопотерь в жилых помещениях и в промышленности (в различного рода печах, котлоагрегатах и т.д.). Однако вследствие выделения из минераловатных изделий вредных, более того, опасных газообразных компонентов связующего такие материалы нельзя использовать внутри жилых помещений, их применяют либо в средней (по толщине) части стен в панельном домостроении, или они являются конструктивными элементами фасадных систем (в т.ч. и вентилируемых). Применение минераловатных изделий как теплоизоляционных материалов в металлургии и теплоэнергетике ограничено по другой причине – при температуре порядка 300 – 400 °С органическая связка теряет свои клеящие свойства, она как-бы «выгорает», при этом минеральные нити уже не связаны друг с другом и изделие разрушается. В силу этого в металлургии и, частично, в теплоэнергетике такой теплоизоляционный материал не применяют, а используют теплоизоляционные, т.н. легковесные, изделия (чаще всего шамотные) в виде кирпичей, блоков или плит.

Выход из описанного положения возможен по следующим направлениям: 1) связка (исходная фенол – формальдегидная смола) подвергается глубокой очистке от наиболее вредных примесей; 2) минераловатное изделие покрывается керамическим покрытием (например, в виде мастики), предотвращающим выделение из этого изделия вредных газообразных компонентов

связки наружу; 3) наиболее радикальным способом повышения экологической безопасности в рассматриваемом случае является применение в качестве связки вяжущих (клеев) нового поколения – керамических суспензий. Они представляют собой водные дисперсии оксидов некоторых химических элементов (кремния, алюминия, циркония и др.), подвергнутых механохимической обработке в щелочной либо кислой среде, в результате проведения которой в образующейся суспензии нарабатывается коллоидный компонент. На их основе изготавливаются неформованные огнеупоры, пористые материалы, огнезащитные покрытия и т.д.[3]. Такие связки обладают экологической чистотой (в некоторых случаях абсолютной), высокой адгезией, поэтому с их помощью можно склеивать металлы, керамику, дерево, строительные материалы минерального происхождения, в т.ч. и минераловатные изделия. Весьма перспективным является вариант использования такого вяжущего при изготовлении минераловатных материалов вместо фенол-формальдегидных смол, однако при этом необходимо будет модернизировать уже ставшую стандартной существующую технологию изготовления таких изделий.

При изготовлении продукции из минеральной ваты образуется довольно много отходов, которые обычно далее не используются и вывозятся с территории предприятия на городские свалки (в лучшем случае на специальные полигоны). В то же время, с использованием описанной выше керамической суспензии из этих отходов возможно изготовление теплоизоляционных изделий (плит, блоков) с плотностью от 300 до 600 кг / м<sup>3</sup> и выше. На этой основе представляется возможным реализовать определенные параметры экологически чистого предприятия, причем получаемые на нем изделия будут отвечать законодательно установленным требованиям по экологической безопасности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митякин П.Л. Жаропрочные материалы на основе водных керамических суспензий / П.Л. Митякин, О.М. Розенталь. – Новосибирск. Наука, 1987. – 172 с.
2. Черепанов К.А. Получение и использование вяжущего нового поколения – керамической суспензии кремнеземистого состава / К.А. Черепанов // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2006. – № 10. – С. 62-64.
3. Парк Д. Бесцементные материалы на коллоидно- кремнеземистой связке: новый подход к огнеупорам / Д. Парк // Сталь. – 2005. – № 8. – С. 39-41.

УДК 666.76

К.А. Черепанов, М.В. Темлянцев, Е.Н. Темлянцева

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОГНЕУПОРНЫХ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЛОИДНО-КРЕМНЕЗЕМИСТОЙ СВЯЗКИ

В статье представлены результаты разработки новых огнеупорных и теплоизоляционных материалов с использованием коллоидно-кремнеземистой связки.

In the article the outcomes of development new refractory and thermal insulation of materials with use silicon are shown.

На основе механизма действия коллоидных вяжущих систем разработана технология изготовления коллоидно-кремнеземистой связки, содержащей в своем составе золь кремневой кислоты, наночастицы которого интенсифицируют процесс конденсационного структурообразования во время твердения изделия [1, 2]. Она предназначена для производства штучных и неформованных огнеупорных (плотных и пористых) материалов и для использования в качестве компонента тиксотропной сырьевой смеси, из которой могут быть изготовлены обмазки, торкрет-массы и т.д. Особенно перспективным является применение такого типа керамических суспензий при изготовлении футеровок по т.н. «бетонной технологии» [3]. Разработанные на основе применения указанной выше связки технологии получения штучных и неформованных огнеупорных изделий являются ресурсо- и энергосберегающими, поскольку наполнителем сырьевой смеси являются отходы (бой огнеупорного кирпича), а энергосбережение основано на том, что для получения теплофизических характеристик изделий, отвечающих требованиям ГОСТов (например, ГОСТ 390-96 «Изделия огнеупорные шамотные и полукислые общего назначения и массового производства») необходима только низкотемпературная сушка (150 – 200 °С), обжиг их (что характерно для неформованных огнеупоров) происходит во время эксплуатации теплового агрегата (печи, котла). В настоящее время отработана технология получения плотных шамотных изделий (в виде кирпича или блока), характеристики которых отвечают требованиям ГОСТ 390-96 (таблица 1).

С применением указанной суспензии возможно изготовление пористых изделий – легковесных огнеупоров и ячеистых бетонов (газочермабетонов), причем в зависимости от соотношения наполнитель-связка-

поризатор можно получить широкую гамму пористых изделий по их плотности: от 300 кг/м<sup>3</sup> до 1200 кг/м<sup>3</sup>. Характерной особенностью этих материалов является высокое значение прочности на сжатие: например, для огнеупора-легковеса с кажущейся плотностью 0,8 – 0,9 г/см<sup>3</sup> она в 1,5 – 2,0 раза превосходила требуемую по ГОСТ 5040-96 «Изделия огнеупорные и высокоогнеупорные легковесные теплоизоляционные», остальные характеристики были не хуже указанных в этом ГОСТе (таблица 2). Следует отметить, что для теплоизоляционного огнеупорного изделия (легковеса) прочность на сжатие не столь важна, как для аналогичного материала (например, газобетона), используемого в строительстве, где эта характеристика является одной из определяющих.

Таблица 1 – Характеристики шамотных изделий (по ГОСТ 390-96 и опытных)

Наименование	Норма для марки			
	ША	ШБ	ШУС	опытный
Огнеупорность, °С, не ниже	1690	1650	1580	1640
Предел прочности при сжатии, Н/мм <sup>2</sup>				16-18
Для изделий группы 1	20	20	12	
Для изделий группы 2	15	—	13	
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,0	1,9	1,78	1,9
Пористость открытая, %	24	24	28	26

Таблица 2 – Характеристики огнеупорных легковесных теплоизоляционных изделий (по ГОСТ 5040-96 и опытных)

Наименование показателей	ГОСТ 5040-96 (технические условия)			Зап. - Сиб.исп. центр
	ШЛ - 1,3	ШЛ-1,0	ШЛ-0,9	опытный
Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup>	1,3	1,0	0,9	0,87
Предел прочности на сжатие, Н/мм <sup>2</sup>	3,5	3,0	2,5	10,57
Дополнительная линейная усадка, %	1,0	1,0	1,0	0,62
не более, при температуре, °С	1300	1300	1270	1300
Максимальная температура применения, °С	1300	1300	1270	1300
Теплопроводность Вт/мК не более, при средней температуре, °С 350	0,60	0,50	0,40	0,42

Существенную роль в реализации надежной и долговременной эксплуатации футеровки (обмуровки) тепловых агрегатов (печей, котлов) играют защитные огнеупорные обмазки, торкрет-массы, мастики [4]. Применение их значительно повышает стойкость футеровки (обмуровки) при воздействии на нее высоких температур и механических (вибрационных) нагрузок. Так, например, на одной из котельных г. Новокузнецка (топливо – природный газ) был произведен ремонт амбразуры горелки и стен рабочего пространства с использованием разработанной тиксотропной сырьевой смеси на двух котлах паропроизводительностью по 16 т пара в час каждый. Это позволило в дальнейшем обходиться без обычно проводимых летних ремонтов котлов (кроме «косметических») и, таким образом, получить существенный экономический эффект.

Известно, что пористые материалы (огнеупорные теплоизоляционные – ГОСТ 5040-89 и ячеистые бетоны – ГОСТ 25485-89) обладают пониженной прочностью на сжатие (и изгиб) по сравнению с плотными. При объемной доле пор 0,3 – 0,5 прочность пористого изделия составляет не более 0,1 от прочности плотного. Увеличение ее может быть достигнуто за счет упорядоченного расположения его внутренних компонентов, уже имеющих пористую структуру, таких как диатомит, вермикулит, перлит, зольные микросферы. При производстве пористых материалов (изделий) важным являются способы образования пор, как при получении огнеупорных теплоизоляционных материалов, так и при изготовлении ячеистых бетонов (в строительстве). В целом они делятся на следующие группы:

- 1) способ выгорающих добавок,
- 2) с предварительным образованием пены (пенобетоны),
- 3) химический способ, в котором при протекании химической реакции выделяются газообразные продукты, создающие пористую массу (газобетоны).

В то же время известен способ, в котором в качестве заполнителя (как указывалось ранее) используется материал с уже имеющимися порами (диатомит, перлит и др.), либо со специально полученными микросферами из таких оксидов как  $TiO_2$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $ZrO_2$  и др. Последние получают плазмохимическим методом, либо путем раздувания расплава. Следует отметить, что производство таких микросфер ограничено его сложностью и дороговизной продукции.

В разработанной нами ресурсосберегающей, малоотходной технологии получения пористого материала своеобразным «носителем» пор являются зольные микросферы, которые присутствуют в золах ТЭС, работающих на каменном угле. Насыпная масса зольной микросферы составляет 400 – 500 кг/м<sup>3</sup>, размер ее колеблется в широких пределах (от 50 до 500 мкм), газовая фаза внутри их состоит, в основном, из азота (~ 30 %) и диоксида углерода (~ 65 %). В качестве связующего использовали ВКВС кремнеземистого состава, получаемую механохимической обработкой

кремнеземсодержащих материалов как природного, так и техногенного происхождения [2]. Практика показывает, что при использовании этого метода получения ВКВС образующийся золь обычно представлен агрегированными наночастицами, которые (в некоторых случаях) способствуют возникновению и протеканию процесса аутокоагуляции в рассматриваемом объеме ВКВС (при ее хранении). После смешивания заполнителя (зольных микросфер) со связующим и последующего формования полученное изделие подвергается низкотемпературной сушке при температуре 140 – 150 °С, после которой оно приобретает высокие прочностные свойства, плотность его колеблется в пределах 550 – 600 кг/ м<sup>3</sup>. Определение прочности на сжатие опытных образцов показало, что она превышает требуемую по ГОСТ 25485-89 «Ячеистые бетоны» не менее чем в 1,5 раза. Последнее особенно важно в связи с необходимостью решения проблемы энергосбережения при строительстве и эксплуатации жилья. Такой конструкционно – теплоизоляционный материал (по классификации ГОСТ 25485-89) может быть с успехом использован при возведении и эксплуатации зданий каркасного типа, в т.ч. и высотных, строящихся в сейсмоопасных зонах, а также при строительстве малоэтажного жилья. Преимущества его очевидны: дешевый, поскольку изготавливается из промышленных отходов, экологически безвредный, технология его производства проста, не требует дорогостоящего оборудования, образующиеся в небольшом количестве пылевые выбросы улавливаются и вновь используются как компонент сырьевой смеси.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митякин П.Л. Жаропрочные материалы на основе водных керамических суспензий / П.Л. Митякин, О.М. Розенталь. – Новосибирск. Наука, 1987. – 172 с.
2. Черепанов К.А. Получение и использование вяжущего нового поколения – керамической суспензии кремнеземистого состава / К.А. Черепанов // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2006. – № 10. – С. 62-64.
3. Темлянцев М.В. Огнеупоры и футеровки плавильных и литейных агрегатов алюминиевого производства / М.В. Темлянцев, Е.Н. Темлянцева. – М.: Теплотехник, 2008. – 183 с.
4. Хокинг М. Металлические и керамические покрытия / М. Хокинг, В. Васантасри, Р. Сидки. – М.: Мир, 2000. – 514 с.

УДК 728.1.011

Ю.К. Осипов, О.В. Матехина

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## БИОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

В статье представлен анализ задач строительной биологии в сфере производства строительных материалов с использованием техногенного сырья. Анализируется зависимость микроклимата помещений в зависимости от материалов, используемых при возведении жилых домов.

In the article the analysis of problems of a building biology in an orb of production of building materials with use raw material is shown. The relation of a microclimate of premises is analyzed depending on materials used at erection of apartment houses.

Современное строительство характеризуется применением новых материалов, технологий и принципов конструирования. Ныне архитектор располагает широким набором средств проектирования и художественного оформления возводимых зданий. Это позволяет осваивать новые формы строительства при минимальных затратах.

Однако современному строительству свойственны и недостатки. Один из них – «избыток» материалов, средств и технологий, что неизбежно ведет к их девальвации. С каждым годом на рынок выбрасывается все больше дешевых, легких в уходе и простых в обращении строительных материалов и конструктивных элементов, большинство из которых - искусственные. Несмотря на неоспоримые преимущества новых материалов, далеко не всегда удается правильно оценить их влияние на здоровье человека, то есть оценить экологию застроенного пространства. И в этом вопросе на помощь приходит строительная биология, одна из задач которой состоит в том, чтобы указать на «нездоровое» строительство и конструирование.

Еще совсем недавно при возведении зданий экологический фактор, напрямую влияющий на здоровье людей, или не учитывался совсем, или, в лучшем случае, о нем вспоминали в последнюю очередь. В результате многие жилые дома оказались не приспособленными для поддержания в них нормальной внутренней экосистемы. Специалисты, занимающиеся этими проблемами, даже ввели специальное понятие – «синдром больного здания», а это в немалой степени зависит от строительных материалов, используемых при возведении жилых домов.

Проблема утилизации отходов горно-металлургического производства строит остро – это изъятие земель для размещения новых отвалов, нарушение гидрологического режима и еще масса факторов, влияющих на экологию окружающей среды. В какой-то период на эту проблему обратили внимание специалисты – разработчики строительных материалов. На рынке появились стройматериалы с использованием техногенного сырья. В строительной биологии существует понятие «правомерность применения материала», значение которого довольно широко.

В первую очередь это – соответствие строительного материала экологическим требованиям (оценка по токсичности и радиоактивности). Токсичность техногенного сырья оценивается путем сравнения состава с ПДК канцерогенных (токсичных) веществ и элементов. Оценка на радиоактивность производится в соответствии с ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение эффективной удельной активности естественных радионуклидов».

В то же время при оценке правомерности применения материала должны приниматься во внимание и принципы архитектурно-пространственного решения, в большинстве случаев зависящие от региона, климата и культурных традиций.

Несмотря на то, что строительство с использованием природных материалов воспринимается сторонниками всего современного как путы, от которых надо освободиться, строительная биология отвергает практику необдуманного применения искусственных строительных материалов. Бурное развитие промышленности сопровождается не столько улучшением свойств материалов, сколько совершенствованием технологий их изготовления. Прежде чем новый строительный материал будет «поставлен на поток», он проходит целый ряд физико-технических испытаний. Однако, к сожалению, на практике исследования влияния материалов на организм человека нередко проводятся только после выявления случаев ухудшения здоровья людей. Так было с асбестом, формальдегидом и другими вредными для человека веществами.

Именно поэтому главными задачами строительной биологии являются не только экспертиза всех применяемых в строительстве материалов, на их соответствие требованиям охраны здоровья человека, но и выработка критериев, по которым разрешалось бы применение новых материалов.

Одна из важных задач каждого архитектора – создание здорового климата в жилище. По этим понимаются основные показатели микроклимата в доме – чистый воздух, оптимальные температура и влажность, что в немалой степени зависит от используемых строительных материалов.

Исследования показывают, что для оптимального воздухо- и газообмена в жилых помещениях одного проветривания через окна недостаточно. На интенсивность этих процессов в немалой степени влияют ограждающие конструкции – стены, перекрытия, крыши. Они должны быть сделаны из



материалов, способствующих отводу в атмосферу содержащихся в воздухе углекислого газа, радона и других, выделяемых материалами вредных веществ, например, формальдегида, полихлорид-бивинила, винилхлорида и пр. Другое требование – воздух в жилище не должен быть запыленным, а значит, допускается только умеренное его движение в помещениях.

В свою очередь, на сбалансированность температуры воздуха в помещении, как зимой, так и летом оказывают влияние теплотехнические характеристики материалов, образующих пространство – теплопроводность, способность аккумулировать тепло и др. Причем, если в зимнее время важную роль играют теплопроводность и, соответственно, теплоизоляционные свойства материалов, то для летних условий гораздо важнее знать скорость проникновения тепла в ограждающую конструкцию. В летнее время для жилища важно, как быстро нагретое наружное ограждение отдаст тепло во внутреннее пространство.

Для зимнего периода важно оценить коэффициент теплопередачи конструкции. Чем он меньше, тем лучше теплозащита. Например, при коэффициенте теплопередачи ниже  $0,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  разница между температурой внутренней поверхности наружных конструкций и температурой воздуха жилища незначительная. Оптимальным же считается такое сопротивление теплопередаче, при котором температура внутренней поверхности стены отличается от температуры внутреннего воздуха не более чем на  $4 - 6^\circ$ . В этих условиях практически исключаются нежелательные движения воздуха в помещении вследствие конвекции.

Важнейший показатель здорового микроклимата – влажность воздуха в помещении. С медицинской точки зрения оптимальная влажность воздуха должна быть не ниже 40 % и не выше 70 %. Однако при современных системах отопления этот показатель нередко составляет всего 20...40 %.

Оптимальную влажность в помещении способны поддерживать природные органические и некоторые неорганические материалы с высокой гигроскопичностью и паропроницаемостью, такие как древесина, пробка, гипсовая или известковая штукатурка. Эти и другие подобные им материалы целесообразно использовать для внутренней отделки помещений. Немаловажно оценить и такой показатель материала, как скорость его просыхания. Например, органические растительные материалы (такие как дерево) сохнут быстро, тем не менее, их участие в создании высокой влажности в помещениях вновь построенного дома не слишком велико. Не способствуют увеличению влажности в новом доме и природные камни, так как они практически не поглощают влагу.

Основной причиной повышенной влажности в доме-новостройке является вода, используемая в ходе строительных работ, и в частности – при приготовлении растворов. Такие материалы, как бетон и штукатурка могут отдавать влагу в течение нескольких лет, в зависимости от системы отопления помещений.

На микроклимат жилища отрицательно влияют вещества, выделяющиеся из материалов. Это и природные газы (например, радон, образующийся вследствие естественной радиоактивности твердых пород), и химические соединения. В числе последних можно назвать формальдегид в качестве составной части отвердителя клеев на основе эпоксидной смолы, пентахлорфенол, являющийся ядовитой субстанцией средств защиты древесины, а также большинство растворителей. Свою негативную «лепту» в создание климатических условий в доме вносят и мельчайшие частицы пыли, отделяющиеся от строительных материалов – минерально-волоконистых изоляционных матов, асбестовых и асбестоцементных изделий.

«Здоровый климат в жилище» зависит также от электростатической заряжаемости поверхностей конструкций и предметов обстановки. Здесь снова явный перевес на стороне природных материалов. Большинство из них либо проводники (металлы), либо полупроводники, которые электростатически не заряжаются, а если и заряжаются, то крайне незначительно. Другое дело – искусственные материалы. Практически все они – изоляторы, а значит, восприимчивы к электростатическим зарядам. С тех пор, как искусственные материалы стали широко применять для изготовления покрытий полов, обивки мебели, облицовочных пленок и пр., человек постоянно находится в среде «искусственных грозовых разрядов». В насыщенной электростатическими зарядами атмосфере человек, двигаясь, непрерывно заряжается и разряжается при контактировании с заземленными конструкциями.

На основании вышеизложенного можно и нужно сделать вывод о необходимости более критического подхода к выбору строительных материалов, используемых для возведения жилых домов, а также зданий и сооружений, предназначенных для длительного пребывания людей. Сырьевой потенциал нашей страны позволяет использовать традиционные природные строительные материалы, а наша задача – создать условия для их восстановления и преумножения.

## **ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

УДК 008

ББК 74.580.2

Н.К. Анохина

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## К ВОПРОСУ ФУНДАМЕНТАЛИЗАЦИИ РОССИЙСКОГО ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РАМКАХ БОЛОНСКОГО ПРОЦЕССА

Статья посвящена вопросу фундаментализации российского инженерного образования в рамках Болонского процесса. Под фундаментализацией образования понимается высокий уровень естественнонаучных и гуманитарных знаний. С целью сохранения традиций российского образования разработаны интенсивные методики обучения с элементами гуманитаризации.

This article deals with the problem of the fundamentality of the Russian engineering education. The fundamentality means the inclusion into curriculum the wide range of not only natural sciences but the humanitarian ones as well. Within the context of the Bologna process the number of compulsory social – humanitarian subjects is decreasing. With the purpose of the Russian education traditions supporting, the intensive methods of training have been carried out.

Российское высшее образование ожидают большие перемены в связи с реализацией на практике Болонской декларации, практические результаты от которой ожидают получить уже к 2010 году. Особенно это касается системы инженерного, технического образования, в которой так важны вопросы фундаментализации образования. Под фундаментализацией технического высшего образования понимается получение высокого уровня знаний математических, естественных и гуманитарных дисциплин. В связи с этим следует отметить, что в России университет с дореволюционных времен получал статус «центра науки, образования и культуры; центра пропаганды научных знаний». Университетская ступень давала образование гуманитарное, общечеловеческое, универсальное и энциклопедическое, а сегодня еще и профессиональное. К фундаментализации образования, по-видимому, следует отнести и исторически сложившуюся традицию привлекать к научной деятельности не только студентов с младших курсов, но и способных учеников средней школы, будущих абитуриентов. Школьни-

ки и студенты с самого начала становятся частью научной школы и получают возможность общаться с учеными разных поколений и возраста. Научная школа – это одна из самых сильных сторон российской системы образования.

Для того чтобы в какой-то степени сохранить и поддержать сложившиеся традиции в российской высшей школе, необходимо познакомиться с инновациями в европейской сфере образовательных услуг, определиться с ценностными ориентациями отечественного образования, и поискать пути, методы решения проблемы фундаментализации образования с учетом требований современности. Этим вопросам посвящена данная статья.

Прежде чем обсуждать поставленные вопросы следует обратить внимание на оценку и мнения по нововведениям, ожидаемых в рамках Болонского процесса, ректоров, ведущих специалистов, профессоров российских вузов (МГУ, СПбГУ, ЕГТУ-УПИ, ТГУ, РГГУ и др.), принимающих участие в этом эксперименте в течение последних лет.

Ниже приведены вышеназванные материалы из Интернета, публикаций в газетах, журналах и справка по Болонской декларации.

Болонский процесс по сути представляет процесс сближения и гармонизации систем образования стран Европы с целью создания единого европейского пространства высшего образования. Официальной датой начала процесса принято считать 19 июня 1999 года, когда в г. Болонье на специальной конференции министры образования 29 европейских государств приняли декларацию «Зона европейского высшего образования» или, иначе, Болонскую декларацию.

В настоящее время Болонский процесс объединяет 45 стран. Россия присоединилась к Болонскому процессу в сентябре 2003 года на берлинской встрече министров образования европейских стран. В реализацию основных направлений Болонского процесса вовлечены многие вузы России.

Целями процесса являются: построение европейской зоны высшего образования; формирование и укрепление интеллектуального, культурного, социального и научно-технического потенциала Европы; повышение престижности в мире европейской высшей школы как носителя европейского сознания; обеспечение конкурентоспособности европейских вузов с другими системами образования в борьбе за студентов, деньги, влияние; достижение большей совместимости и сравнимости национальных систем высшего образования; повышение качества образования и мобильности граждан с возможностью их дальнейшего трудоустройства.

В связи с этим рассматриваются: принятие системы четких и сопоставимых степеней, в том числе через внедрение приложения к диплому, для того чтобы выпускники могли эффективно использовать свои квалификации, способности и навыки во всем Европейском пространстве высшего образования; введение двухуровневого обучения: базового и последипломного (бакалавриат и магистратура); внедрение европейской системы зачет-

ных единиц (система кредитов). За основу предлагается принять Европейскую систему переводных зачетных единиц (ECTS), сделав ее накопительной системой, способной работать в рамках концепции «обучение в течение всей жизни».

Для реализации этого положения необходимо разрабатывать модули, курсы и программы с "европейским" содержанием, ориентацией или организацией.

Традиционно под модулем понимается совокупность образовательных задач, решаемая либо через несколько видов работы, либо несколько близких, но разных предметов. Модуль может состоять из курса лекций, из практических заданий, из спецсеминаров, спецкурсов по разным направлениям дисциплины и пр.

Модульная система означает отказ от предметного преподавания и введение целенаправленно расширенных образовательных программ, в которых дисциплинарные границы расширены и рассматриваются совсем иначе, чем в архаичных традиционных формах. Кредиты же в данном случае – лишь вспомогательный инструмент для решения такой задачи – это критерии поэтапного продвижения к усвоению образовательной программы в целом.

Революция заключается в том, что меняется традиционная предметная система образования. От предмета мы переходим к образовательному модулю. И вот это уже революция не только для нас, но и для самих европейцев. Для них модульная система – это тоже новация. До этого у них тоже доминировала предметная система.

Однако на этом пути стоит одна фундаментальная проблема – проблема целостности научного знания.

Соотношение между специальным, ориентированным на применение знанием и знанием общим, целостным сводится к созданию определенного баланса. Между чем и чем? В первую очередь – между освоением операциональных форм в образовании и синтезом гуманитарного, общекультурного смысла научного знания. Решение этой последней задачи требует абсолютно новой информационно-образовательной среды, какой бы ни была ступень образования. По-мнению, многих специалистов, без нее потенции Болонской модели так и останутся нереализованными, утопичными, а порой – и угрожающими.

В системе инженерного образования переход на модульный тип обучения повлечет сокращение базовых учебных планов. При этом предлагается объединение циклов ГСЭ (общие гуманитарные и социально-экономические дисциплины) и ЕНД (общие математические и естественнонаучные дисциплины) в единый цикл «Общеобразовательные дисциплины», на освоение которого выделяется определенное количество кредитов. Вероятно, для технических вузов это скажется на снижении количества часов гуманитарных дисциплин или на их переводе в ранг факультати-

вов, что было бы нежелательно. Хотя существует и такая точка зрения: наши российские студенты «перенасыщены» знаниями, а сокращение объема последних не сыграет большой роли на качестве образования. С этим можно не согласиться. Гениальные, талантливые люди всегда были широко образованы и успешно работали в разных областях человеческого знания. Например, А. А. Богданов, основатель тектологии (всеобщей теории организации), был философом, экономистом, математиком, социологом, врачом, писателем.

Сегодня вузы в учебных программах содержат философию и комплекс социально-исторических дисциплин, при этом не достигнуто глубокого осознания интеграции этих знаний, не существует единой платформы, что обеспечивало бы целостность этого знания. По мнению некоторых специалистов: «Нынешним методологиям и концепциям социально-гуманитарного познания... Явно не хватает опосредующей и вдохновляющей силы гегелевской *идеи* как универсального предметного мышления, способного «схватить» «дух эпохи», «дух времени» во всем богатстве и многообразии» (С. Н. Бычков, [1, с.168]).

«Философия сегодня страдает от культа научной фразы, от терминологического фетишизма. Сегодня важны не слова, а мысль, путь мысли» (Вл. Новиков, [1]).

То есть проблема целостности знания (в том числе и научно-технического) остается открытой, и выступает как методологическая проблема.

Целостность знания все больше становится востребованной в обществе. Об актуальности этой проблемы свидетельствует положение дел в мире.

Как считают ведущие социологи, новое поколение людей за свою жизнь будет вынуждено менять профессию 4 – 6 раз. Значит, требуется разносторонне развитая личность. В мире, в науке идут явно выраженные интеграционные процессы, преобладающие над процессами дифференциации. Естественные дисциплины объединяются с социальными и гуманитарными (бионика, евгеника, биоэтика, эргономика и пр.) на основе методологических принципов, синергетических подходов, концепции универсального эволюционизма. Культурный человек сегодня обязан обладать естественнонаучными и гуманитарными знаниями, это символ времени, это его уровень жизни и безопасности.

Развитие нанотехнологии, генной инженерии, микроэлектромеханики свидетельствует о том, что инженер становится массовой профессией. Состояние общества в духовном и материальном соотношениях зависит от того, каким будет человек будущего. Поэтому требуется уделить огромное внимание, именно, образовательной системе, методологии, пониманию инженерно-технологических процессов и роли человека в мире, в ноосфере. Нельзя забывать и то, что техносфера привносит свои ценности, резко

снижает уровень духовности, о чем свидетельствует кризис в культуре. Гуманитаризация технического образования, отстаивающая общечеловеческие идеалы, «сглаживает» вышеназванную проблему отчужденности, помогает человеку выжить.

Поскольку научная деятельность играет большую роль в образовании, то следует отметить, что и сама наука очень сильно изменила свой образ, она становится исторической наукой, приобретает статус социокультурного феномена, зависит от экономики и политики, характеризуется диалоговостью, масштабностью, открытием новых саморазвивающихся объектов исследования, часто включающих человека как свою составляющую, выдвиганием на первый план междисциплинарных, комплексных и проблемно-ориентированных форм исследований, высокой степенью информатизации, технологизации, распространением в космическое пространство и пр. (В.С. Степин).

В современной науке многие вопросы решаются на более глубоком, тонком уровне, требующем гуманитарных знаний. Понимание многих процессов в научно-технической сфере усложнено и, может быть, связано с понятиями информации, красоты, с пониманием иррационального на уровне «умопостигаемом» (Теорема Геделя, парадокс ЭПР, теорема Белла и пр.). Принято считать, что в научном и художественном творчестве интуитивизм, как разновидность иррационализма, играет большую роль, стимулирует дальнейшую работу сознания. У А. Бергсона интуиция противопоставляется дискурсивному мышлению, интеллекту как наивысшая форма постижения мира, она – бессознательный, инстинктивный, мистический стимул творчества.

Красота, с информационной точки зрения (мера многообразия, упорядоченности, симметричности, энергетическая компонента, степень эмоционального возбуждения и пр.), есть отражение этого мира. Как показывают исследования, красота в искусстве характеризуется теми же свойствами, что и сложная система в информационной теории ультраструктур [2, с. 241-245].

Таким образом, для творческой научной, инженерной деятельности знание гуманитарных наук становится необходимостью.

В рамках обсуждаемой темы Болонского процесса представляет беспокойство следующий вопрос. Существует опасность превращения образовательной системы в частные коммерческие структуры. Вузы начинают переходить в руки крупных корпораций. При этом цели и пути достижения образования в свете глубинных изменений задач образования, переориентации его в системе крупного бизнеса, не совсем прозрачны. Не произойдет ли переход к накоплению отдельных знаний, а общий пласт культуры будет утрачен? Такой подход фактически нивелирует общедоступность образования. Обучение в Европе становится очень дорогим удовольствием



для среднего россиянина (обучение в магистратуре в Европе стоит 3-5 тысяч ЕВРО в год).

В целом отношение отечественной вузовской общественности к Болонскому процессу пока остается настороженным. Многие преподаватели искренне убеждены, что наша система подготовки дипломированных специалистов является лучшей в мире, любое вмешательство в сложившиеся традиции губительно. Интерес представляет и тот факт, что и на Западе, некоторые европейские элитарные вузы, например, Кембридж, Парижский институт политических наук и др. отказались участвовать в этом процессе.

Однако современные условия жизни свидетельствуют о необходимости внедрения многих новаций в рамках Болонского процесса. Так, кредитная система все равно будет развиваться в Российской Федерации в рамках реализации дистанционного образования, которое находит все более широкое внедрение на практике. Подоплекой европейской реформы является и установление международного стандарта для дипломов, который рано или поздно станет непреодолимым препятствием для выпускников российских вузов на все более интернационализирующемся рынке труда. Это может быть еще очередной формальной преградой вступления России и во Всемирную Торговую Организацию.

Таким образом, грядут изменения в системе высшего образования. Но пока в большинстве вузов техническая сторона сохраняется, выдается диплом об его окончании. В университетах, где выпускают дипломированных бакалавров и магистров, никто не запрещает в том же приложении к диплому писать название дисциплины, часы, а в скобках кредиты. Одно другого не исключает, это можно делать в параллели.

В содержательной системе координат по отношению к технической уже сегодня необходимо смотреть вперед, ставить акцент на вопросах образования, которые рассматриваются в гуманитарном пространстве общекультурных ценностей, в плоскости фундаментализации инженерного образования. Еще Э. В. Ильенков в своей книге «Об идолах и идеалах» писал: «Либо индивидуум превращается в хозяина всей созданной человечеством культуры, либо он остается ее рабом, прикованным к тачке своей узкой профессии» [1, с. 168].

Таким образом, целостность знания, включающая естественнонаучный и гуманитарный пласты культуры сегодня не просто дополняют друг друга в боровском смысле, а имеют единые исторические и генетические корни. По этим и другим причинам профессиональное инженерное образование нуждается в гуманитаризации, как и гуманитарное – в усилении естественнонаучных представлений об устройстве мира, а фундаментализация образования в российских вузах должна быть сохранена.

В свете поставленной проблемы фундаментализации образования для отечественной системы образования всегда большую ценность представляли методологические работы, выполненные ассистентами, препода-

вателями, профессорами. За неимением больших средств, а в результате и отсутствием добротной технологической, инструментальной, лабораторной вузовской базы, многим из них приходилось «придумывать» схемы, аналогии, сценарии развития процессов и пр. Это способствовало появлению новых оригинальных методик, моделей, тестовых заданий, где могли находить точки соприкосновения естественнонаучные и гуманитарные науки. Поэтому представляет интерес создать в университете банк интенсивных методов обучения, методологических разработок для общеобразовательных дисциплин.

В методологический банк вуза по дисциплинам естественнонаучного цикла автор данной статьи предлагает включить методики индивидуализации обучения с учетом типологии личности студента; формирования образного и абстрактно-логического типов мышления; интеграционный подход, когда рассматриваемая проблема обсуждается с разных точек зрения с физической, психологической, эстетической, исторической, философской и пр. Это дает «объемное» представление об объекте изучения и более глубокое его «прочтение».

Предложенный подход обучения способствует развитию способностей молодого человека, формированию гармоничной личности, некоторой дифференциации обучения на инженера-теоретика, инженера-технолога, инженера-дизайнера, что особенно актуально при многоуровневом обучении (бакалавра и магистра), и укреплению процесса фундаментализации российского образования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Лазуткин В.А. По материалам 9-й Международной научной конференции «Ильенковские чтения» [Текст] / В.А. Лазуткин // Вопросы философии – 2007. – № 12. – С. 166-170.

2 Коган И.М. Информационные предпосылки синтеза науки и искусства: идеи, теории, опыт практики [Текст] / И.М. Коган // Пространства жизни. – М.: Наука, 1999. – С. 234-259.

УДК 378(09)(571.17)

Э.С. Гершгорин, А.А. Костюков

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНОВ

В статье рассматриваются важнейшие проблемы развития высшего образования в условиях самостоятельности регионов. Анализируются процессы коммерциализации вузов, перехода на многоуровневую структуру образовательного процесса, развитие дистанционного образования и др. Ставится вопрос о необходимости исследования методологических проблем инновационного образования и организации федеральных университетов.

The most important problems of higher education development in the conditions of regions independence are considered in the article. Processes of higher education establishments commercialization, transition into multilevel structure of educational process, development of distance education are being analysed. The problem of necessary methodological research of innovational education and federal universities organization is being discussed at present.

Высшее образование Кемеровской области в конце 80-х годов XX в. функционировало как достаточно стройная система, целенаправленно удовлетворяющая запросы в специалистах плановой экономики СССР. Естественно, что все достоинства и недостатки советского строя прямым образом проявились в деятельности вузов. Кроме того, конкретные вузы обладали своей спецификой, обусловленной особенностями тех регионов, где они функционировали. Например, в условиях Кемеровской области это выражалось в высоком удельном весе технического образования, слабом развитии университетского сектора, недостаточной обеспеченности высококвалифицированными преподавательскими кадрами и т.д.

Социально-политические процессы приведшие в 1991 г. к развалу СССР и рыночные реформы 90-х гг. значительно усугубили старые проблемы российского высшего профессионального образования. Новые социальные и экономические реалии, сконструированные формирующимися рыночными отношениями, изменили условия функционирования системы высшего образования. Поэтому в настоящее время встал вопрос об основ-

ных направлениях изменения высшего образования, так как это позволило бы очертить его перспективы. По нашему мнению, доминирующим фактором, обусловившим всю систему изменений в образовании стал процесс регионализации высшей школы, явившийся следствием возрастания уровня самостоятельности и независимости российских регионов.

Одним из признаков процесса регионализации стало формирование региональных программ развития, направленных на удовлетворение потребностей конкретного региона. Так, в сентябре 1997 г. областная администрация разработала очередную программу социально-экономического развития Кузбасса, которая называлась «1500 дней», куда в качестве одного из составляющих был включен раздел о реформировании системы высшего и среднего профессионального образования области

Следует отметить определенную результативность этой программы. Так, в частности, некоторые положения документа в принципе удалось превратить в жизнь. Например, к концу 90-х годов, была в основном погашена задолженность по заработной плате и социальным выплатам, удалось наладить регулярную выдачу заработной платы работникам образования; было организовано более четкое разграничение предметов ведения и полномочий по линиям «центр-регион», «регион-орган местного самоуправления» в экономической сфере; начинается постепенный выход экономики области из состояния кризиса. Но вместе с тем, рост уровня жизни преподавателей и сотрудников высшей школы в конце десятилетия не произошел.

Другим из следствий регионализации явился процесс коммерциализации высшего образования, который неизбежно изменил всю систему высшей школы РФ: появились коммерческие вузы, представительства и филиалы, функционирующие на рыночной основе, изменилась схема финансирования вузов, их материально-техническое обеспечение и т.д.

Так, например, в Кузбассе с 1992 по 1998 гг. было открыто девять негосударственных образовательных учреждений (НОУ). Подавляющая часть НОУ имела небольшой контингент учащихся (от 50 до 70 человек). Обучение велось по 15 образовательным программам, в которых большое внимание уделялось подготовке бакалавров. На 1998 год доля НОУ в вузах Кемеровской области составляла 9,6 %, обучалось в них 1616 человек или около 4 % от общего контингента высших учебных заведений области.

Эти данные, говорящие о значительно меньшей роли НОУ в развитии высшего образования Кемеровской области в 90-е гг. объясняются, на наш взгляд, следующими причинами. Во-первых, вузовская и областная администрация не смогла быстро приспособиться к изменившимся условиям функционирования высшей школы. Во-вторых, тяжелое финансовое положение большинства городов Кузбасса в течение 90-х гг. не могло обеспечить новообразованные вузы достаточным количеством материально обеспеченных студентов.

Параллельно с этим процессом проявилась тенденция, связанная с изменением содержания образовательного процесса высшей школы России: большинство вузов стали ориентироваться на европейские образовательные стандарты; начался переход на многоуровневую структуру образования.

Первые же шаги по переходу российской высшей школы к многоступенчатому образованию выявили целый ряд трудностей. Во-первых, данная система образования выдвигает высокие требования к организации учебного процесса и к содержанию обучения, структуре учебных планов. В арсенале выпускающих кафедр, которые в течение десятилетий ориентировались на выпуск специалистов первой степени образования не имелось даже перечня фундаментальных дисциплин, содержащих программы последипломной подготовки. Только крупнейшие «старые» вузы, имеющие научные школы и неплохую материально-техническую базу, могли обеспечить решение этой задачи.

Во-вторых, ориентация на многоуровневую систему образования была во многом формальной, так как принятая программа касалась перехода к ней всех вузов, значительному числу которых это было не по силам.

В-третьих, формирование новой системы высшего образования требовало значительных финансовых вложений, которых явно не хватало в связи со снижением федерального финансирования.

В связи с развитием новых образовательных технологий, они стали активно внедряться в вузы страны. Так, в 90-е гг. в Кузбассе стала создаваться система, так называемого, дистанционного образования. Например, в КемГУ стало проводиться обучение с использованием «кейс-технологии». По каждому учебному курсу обучающийся получает учебно-практическое пособие и учебно-методический комплекс. Процесс обучения включает в себя самостоятельное изучение учебного материала под руководством преподавателя-консультанта КемГУ.

С 1998 г. в Кузбассе начинает свою работу региональный учебный центр дистанционного образования Московского института экономики, статистики и информатики. В качестве образовательной технологии в основном используется «кейс-технология». Процесс обучения включает в себя самостоятельное обучение под руководством преподавателя-консультанта и выполнение контрольных заданий в виде тестов по каждому разделу учебно-практического пособия (УПП). Общее количество часов очных занятий по одному учебному курсу зависит от объема УПП по данному курсу и количества обучаемых в группе. По окончании изучения каждого из разделов УПП учащийся самостоятельно выполняет комплексное задание в виде теста.

В том же году в области начал функционировать Томский межвузовский центр дистанционного образования (ТМЦДО), который открыл свои филиалы в ряде городов региона. Центр создан с целью объединить усилия томских образовательных структур (ТУСУР, ТГПУ) в области развития

дистанционного высшего образования. Университеты, разрабатывающие дистанционную технологию обучения по ряду своих специальностей, на договорной основе поручили и уполномочили ТМЦДО вести от их имени набор и организовывать дистанционное обучение студентов.

К положительным сторонам дистанционного образования можно отнести возможность варьировать длительность и порядок обучения, использовать самые современные учебные средства, приспосабливаться к любому уровню предварительного образования; модульность образования, достигаемая за счет локализации изучаемых дисциплин в целостных курсах, из которых формируется любое разнообразие учебных программ. К тому же дистанционное образование дешевле платной очной и заочной форм обучения.

К недостаткам дистанционного образования можно отнести следующие моменты. Во-первых, дистанционное образование предполагает наличие определенного пространственного разрыва между обучающим и обучаемым, что влечет за собой отсутствие межличностного контакта между участниками образовательного процесса. Вследствие этого происходит значительное ослабление такого важного компонента образования, как воспитание гуманитарной составляющей личности молодого специалиста.

Во-вторых, – это слабая материально-техническая база вузов. Финансовое положение большинства учащихся, отсутствие опыта работы с компьютерными технологиями значительной части преподавательского состава негативно сказывалось на качестве дистанционного образования.

Помимо формирования института дистанционного образования в 90-е гг. разворачивается процесс компьютеризации высшего образования. Так, например, КемГУ выступил инициатором и организатором создания единого информационного пространства в системе высшего образования Кемеровской области. С 1996 г. Центр «Интернет» (УЦИ) и Центр новых информационных технологий (ЦНИТ) КемГУ стали участвовать в реализации федеральных и региональных программ образования единого информационного поля, а именно: в федеральной программе – «Создание национальной сети компьютерных телекоммуникаций для науки и высшей школы» (1996 г.), в совместной программе правительства РФ и института «Открытое общество», в фонде Сороса «Университетские центры Интернет» (1997 г.), в региональной программе «Развитие Интернет-технологий для подключения образовательных, библиотечных, административных структур, музеев и учреждений здравоохранения городов Кемеровской области» (1998 г.). Основной задачей этих программ являлось создание и развитие сетей передачи данных, предназначенных для доступа организаций образования, науки, культуры, здравоохранения, средств массовой информации в российские и международные информационные сети.

Перестройка всего народного хозяйства в 90-е гг. не могла не сказаться на трансформации структуры высшего профессионального образования в регионе: наряду с экономическими и правовыми специальностями появляются

гуманитарные, не ориентированные напрямую на отраслевую специфику региона. Всё это стало предпосылками формирования университетов по западному образцу на региональном уровне.

Так, в течение 90-х гг. изменили свой статус крупнейшие вузы Кемеровской области, а именно: КузПИ был переименован в КузГТУ, СМи в СибГГМА (с 1998 г. СибГИУ), Кемеровский медицинский институт в Кемеровскую государственную медицинскую академию, Кемеровский государственный институт искусств и культуры в Кемеровскую государственную академию культуры и искусств.

В таких вузах осуществляется, как правило, подготовка специалистов всех уровней: младших специалистов, бакалавров, магистров, кандидатов и докторов наук, а также обеспечивается повышение квалификации и переподготовка кадров. Особое внимание уделяется научной работе студентов, поэтому для технических университетов характерна внутренняя интеграция структурных подразделений вуза, как в области подготовки кадров, так и в области научных исследований.

Проведенный анализ показывает, что в России в течение последних 10 лет сложилась разветвленная, устойчиво функционирующая сеть высших образовательных учреждений и их территориально обособленных подразделений с хорошо развитой профессионально-квалификационной структурой подготовки. Вместе с тем, значительное влияние на современное состояние, общий ход и перспективы развития системы высшего профессионального образования в регионах оказывают многочисленные проблемы среди которых можно выделить следующие:

- отсутствие научно обоснованных прогнозов социально-экономического развития регионов, сбалансированного государственного и общественного заказа на подготовку и переподготовку квалифицированных специалистов, что существенно затрудняет формирование оптимальной профессионально-квалификационной структуры подготовки кадров для экономики и социальной сферы, а также приводит к дублированию ряда реализуемых вузами страны профессиональных образовательных программ, подготовке и выпуску квалифицированных кадров в объемах, не соответствующих потребностям областного рынка труда;
- неэффективность экономики образования в целом, инвестиционная непривлекательность и недостаточные объемы бюджетного финансирования системы высшего профессионального образования, неудовлетворительное состояние материально-технической базы большинства образовательных учреждений профессионального образования (ОУ ПО) и относительно низкий уровень их обеспечения современными техническими средствами обучения, необходимыми для внедрения в образовательный процесс передовых образовательных и информационных технологий;
- отсутствие в большинстве действующих на территории России ОУ ПО, их филиалах и представительствах отделов маркетинга рынка труда, содействия трудоустройству, профессиональному становлению и социальной адаптации

выпускников, а также сопоставимых систем менеджмента качества профессионального образования;

- недостаточный в целом уровень профессиональной ориентации, мотивации и адаптации, конкурентоспособности и социальной мобильности будущих квалифицированных специалистов, способности и готовности выпускников ОУ ПО к самостоятельной профессиональной и иной социально значимой деятельности в условиях масштабных общественных перемен;
- отсутствие систематического мониторинга образовательных услуг ОУ ПО на территории конкретных регионов, а также механизма комплексной государственно-общественной оценки качества подготовки выпускников вузов области в соответствии с современным уровнем развития науки и техники, технологическим состоянием соответствующих отраслей региона, требованиями работодателей и запросами потребителей образовательных услуг.

Самостоятельной образовательной проблемой является создание федеральных университетов. Как известно, в соответствии с Указом президента РФ №716 от 07.05.2008 создание таких образовательных учреждений является одной из первоочередных задач совершенствования высшего образования. В настоящее время создано два таких университета: Сибирский и Южный федеральный. Именно такие формы крупных университетских центров являются принципиально перспективными в настоящее время. Видимо они могут создать основу для формирования системы инновационного образования, которая так необходима инновационной экономике, «заявку» на которую провозгласил в настоящее время президент РФ.

В связи с этим является принципиальной необходимостью разработка методологических проблем, касающихся сущности как инновационной экономики, так и инновационного образования. На этой основе, видимо, далее необходима разработка программ развития высшего образования на региональном уровне, включающая в себя комплекс организационных, экономических, кадровых и инфраструктурных составляющих направлений.

Разумеется, модернизация системы образования в настоящее время усложняется в связи с разразившимся мировым финансовым кризисом и поэтому субъектом управления на территориях регионов необходимо учитывать это обстоятельство. В перспективном же плане, видимо, требуется создавать резервные финансовые возможности для поддержки территориальных субъектов вообще и образовательных, в частности.

Очевидно, что уже в настоящее время существует настоятельная необходимость всем административным, хозяйственным и образовательным субъектам на территориях регионов приступать к решению этих проблем.



УДК 378.147:34

Н.Е. Анохина

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА ПРАВУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕЛОВЫХ ИГР

В данной статье исследуются основные формы обучения студентов вуза основам правовых знаний, методика проведения деловых игр по дисциплине «Правоведение».

In this article the principal forms of teaching higher schools students to bases of law knowledges, methodology of organization and conducting business games concerning the discipline «Law» are being investigated.

«Право есть искусство добра и справедливости, оно создано для пользы человечества» – заметили наши предки, подчеркнув тем самым глубокую функциональную значимость изучения юридических правил поведения, призванных обеспечить стабильное и счастливое общество.

Не случайно потребность в обучении молодых людей его таинствам не ослабевала в различные эпохи, приобретая то одни, то другие особенности. Так, например, английский мыслитель Джон Локк (1632 – 1704) писал Эдварду Кларку: «Я считаю неперемнным долгом каждого человека служить своей стране в полной мере его возможностей...ранняя испорченность молодежи настолько сделалась в наше время предметом общих жалоб, что нельзя счесть за назойливого человека того, кто выступает публично с обсуждением этого вопроса и предлагает что-либо хотя бы только с целью поощрить других или ускорить дело исправления, ибо ошибки в воспитании менее терпимы, чем что-либо другое. Подобно неправильностям, допущенным в первой стадии пищеварения, которые никогда не исправляются во второй или третьей, они наносят непоправимый ущерб, остающийся на все периоды и моменты жизни» [1].

В настоящее время формирование конкурентоспособной личности, адекватно ориентирующейся в современном мире, невозможно без изучения комплекса правовых знаний. Обучение праву в России целенаправленно осуществляется, зачастую, только на уровне средних специальных и высших учебных заведений, поэтому основная нагрузка связанная с донесением до молодых людей сложной юридической информации ложится на преподавателей дисциплины «Правоведение».

Основными формами учебно-воспитательной работы в области права в современной системе вуза являются лекции и практические занятия.

Лекции, как правило, строятся на основе объяснительно-иллюстративного метода обучения с элементами проблемного изложения, когда преподаватель сообщает готовую информацию разными средствами, а студенты воспринимают, осознают и фиксируют юридическую информацию. Для облегчения понимания тех или иных правовых явлений лектор иногда ставит определенную проблему, и сам ее решает, предлагая образец применения норм права в обычной жизни.

Гораздо больше методов и средств обучения используется при проведении практических занятий. Здесь используется репродуктивный метод (устное воспроизведение обучаемым полученных на лекции знаний), эвристический метод (поиск студентом ответа на проблемный вопрос или задание) и исследовательский метод (творческое применение полученной юридической информации). Последний метод наиболее полно реализуется в процессе деловой игры.

Со времен античности игре придавали важное значение, включая ее в культовые праздники. Игры сопровождалась процессиями, различными состязаниями, сценическими представлениями. Они вызывали интерес, а посредством их процесс познания окружающей действительности превращался в удовольствие. О возможности использования игры в процессе обучения писали многие ученые-философы прошлого и современные педагоги.

Так, Джон Локк в своем трактате «Некоторые мысли о воспитании» (*Some Thoughts Concerning Education*, 1693 г.) писал: «...Не следует учить при помощи запоминания правил, которые всегда будут ускользать из памяти. Заставляйте их все, что, по-вашему мнению, они должны уметь делать, усваивать путем необходимой практики, приурочивая эту практику к каждому подходящему случаю, а если возможно, сами создавайте эти случаи. Это будет порождать у них (обучаемых) привычки, которые, раз установившись, будут действовать сами собой, легко и естественно...главное искусство именно в том и заключается, чтобы все чем занимаются обучаемые, сделать игрой и развлечением» [2].

Игра – это особый вид активности человека, позволяющая ему решать задачи, связанные с воздействием на свойства его психической реальности – те свойства, которые связывают обычно с содержанием творческого мышления, познавательной активностью, способностью к самостоятельному мышлению, креативностью и т.п.

В этом смысле деловые игры отличаются от других видов игр своим предметом, которые определяет правила игры и пространство их реализации.

Основная цель деловой игры заключается в том, чтобы обучить студентов умению применять правовые знания при решении важных проблем

повседневной жизни, где взаимодействуют различные субъекты права, разрабатываются нестандартные выходы из сложившихся противоречий, возникают новые идеи и проекты. Здесь нет заранее прогнозируемого результата, требуется творческое и многоаспектное поведение участников, моделирующее важные процессы правовой жизни общества.

Учебные деловые игры имеют свою структуру:

1) проспект деловой игры – концепция деловой игры, т.е. зачем необходимо ее проведение, какие отношения и какие люди в ней моделируются (цели игры);

2) сценарий – характеристика объекта деловой игры, роли, правила игры;

3) игровая обстановка – формы взаимодействия игроков в процессе игры (с помощью игровых процессов, с использованием литературы, документов, устно и т.п.);

4) регламент – конкретное время проведения всей игры и ее отдельных этапов;

5) участники игры – руководитель (преподаватель), игроки, группа экспертов;

б) оценка результатов и подведение итогов игры.

При проведении деловых игр обычно используются следующие принципы их организации, знание которых позволяет руководителю игры точнее сформулировать ее назначение и сориентироваться при конкретных обстоятельствах своей деятельности:

1. Полное погружение участников игры в ее проблематику в течение заданного регламентом времени, что требует тщательно продуманного плана проведения всех этапов игры.

2. Постепенное вхождение участника деловой игры в ситуацию, так как полные сведения для игры получают не до начала игры, а в процессе игровой деятельности.

3. Равномерная нагрузка: распределение материала во времени и по возможности игроков.

4. Правдоподобие игровой ситуации. Ситуация должна соответствовать целям игры и быть взятой из конкретной юридической практики.

5. Участие лиц более высокого статуса, чем основные игроки. Участие преподавателя в роли одного из действующих участников игры прямо сказывается на ее достижениях.

Основным критерием, определяющим необходимость использования деловых игр в учебном процессе, является достижение цели обучения с учетом его конкретных условий.

Формулировка целей игры имеет большое значение. Цели должны быть четко сформулированы, чтобы служить критерием оценки того, что будет происходить в игре. Такой четкий ориентир нужен не только руко-

водителю игры, но и каждому его участнику. Преподаватель может поставить следующие цели и следить за их реализацией в ходе игры:

- 1) сообщение новой информации;
- 2) определение роли и места новой информации в психической реальности студентов;
- 3) освоение средств и способов действия с новой информацией;
- 4) определение уровня самостоятельного владения студентами информацией.

Со стороны обучаемых при этом наблюдается запоминание новой информации, переживание изменения своего Я за счет реализации новых возможностей и фиксация изменений своего Я под влиянием предмета игры.

Пример проведения деловой игры «Судебное разбирательство индивидуального трудового спора»:

1. Проспект деловой игры (вступительное слово преподавателя): игра призвана показать механизм рассмотрения трудового спора в суде общей юрисдикции (1 инстанции), научиться составлять необходимые для обращения в суд юридически значимые документы. Основой для ее построения будут служить Трудовой кодекс РФ и Гражданско-процессуальный кодекс РФ, которые необходимо изучить всем участникам.

2. Сценарий: суть правовой ситуации:

Гражданка Куприянова Л.В. работала в филиале № 3 Центральной детской библиотеки с 20.02.2006 года. В мае 2007 года она по собственному желанию перевелась в филиал №1, затем №2, №4, №5. В связи с острыми неприязненными отношениями с коллегами по работе Приказом № 154 от 18.12.2008 года она была переведена в филиал № 6, расположенный в пригородной зоне (в поселке «Терехино»). Куприянова от перевода отказалась и на работу в филиал № 6 не вышла, за что была уволена с работы по п. 6 «а» ст. 81 Трудового кодекса РФ. Не согласившись, с увольнением работница обратилась в суд с иском о восстановлении на прежнюю работу в филиал № 5 и выплате заработной платы за все время вынужденного прогула по день восстановления на работе.

3. Игровая обстановка: студенты изучают Трудовой кодекс РФ и Гражданско-процессуальный кодекс РФ, на их основе определяют права и обязанности истицы, ответчика, судьи, других участников процесса. Составляют необходимые юридические документы: трудовой договор, приказы о переводе работницы, приказ об увольнении, исковое заявление в суд; фиксируют себе кратко все этапы проведения судебного заседания; проводят судебное заседание по всем правилам судопроизводства.

4. Регламент: деловая игра проходит в течение всего времени практического занятия – 1 ч. 30 мин. Этапы игры:

- а) изучение кодексов – 15 мин.;
- б) составление документов – 25 мин.;
- в) судебное заседание – 35 мин.;

г) подведение итогов игры экспертами и преподавателем – 15 мин.

5. Участники игры: распределение ролей и краткое ознакомление с обязанностями каждого участника на основе Гражданского процессуального кодекса РФ.

Список ролей в данной деловой игре:

- 1) судья Федерального суда Центрального района г. Новокузнецка;
- 2) секретарь судебного заседания;
- 3) истец (гражданка Куприянова Л.В.);
- 4) ответчик (директор Центральной детской библиотеки);
- 5) представитель по гражданскому делу истца (адвокат);
- 6) представитель по гражданскому делу ответчика (адвокат);
- 7) свидетели по делу (работники филиалов №1 – 5, председатель профсоюзного комитета библиотеки);
- 8) эксперты деловой игры (наблюдатели) – 3 человека;
- 9) правовые консультанты (в обязанность их входит составление трудового договора, приказов о переводе и увольнении истицы, искового заявления в суд);
- 10) руководитель деловой игры – преподаватель (играющий любую роль, из вышеперечисленных).

6. Оценка результатов игры экспертами, обсуждение с группой данных обработки результатов и подведение итогов деловой игры преподавателем (оценивается понимание и правильное применение всеми участниками норм действующего трудового и гражданского процессуального законодательства, артистизм участников, их игровая активность).

Таким образом, в процессе деловой игры студенты легко усваивают основные положения действующего в Российской Федерации законодательства; приобретают навыки составления юридически значимых документов; усваивают информацию о том, как применять нормы права в конкретных жизненных ситуациях, связанных с профессиональной деятельностью и повседневной действительностью; учатся аргументировано отстаивать свою точку зрения, в ходе дискуссионных моментов игры (судебных прениях); выступать публично. Деловая игра, как активное социально – психологическое обучение оказывает влияние на глобальные структуры человеческого сознания и подсознания, закрепляя в них необходимую информацию о должном поведении в конкретных обстоятельствах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Локк Дж. Сочинение в трех томах. Том 3. / Дж. Локк. – М.: «Владос», 1988. – С. 409 – 410
2. Локк Дж. Сочинение в трех томах. Том 3. / Дж. Локк. – М.: «Владос», 1988. – С. 450 – 452.

УДК 378.147:[811:004]

Е.Г. Оршанская

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ В ВУЗЕ

Сформулированы достоинства компьютерного тестирования. Выделены требования и принципы, предъявляемые к созданию тестов. Рассмотрены различные виды тестов. Дана характеристика режимов компьютерного тестирования.

The advantages of computer testing are formulated. The requirements and principles of computer testing are defined. Different kinds of tests are considered. The characteristic of computer testing modes is presented.

В настоящее время компьютер стал неотъемлемой частью всех сфер жизнедеятельности общества. Его использование в учебном процессе также является естественной и необходимой потребностью. В области изучения иностранных языков его применение открывает большие возможности для совершенствования процесса обучения, оптимизации объема усваиваемого материала, повышения качества и прочности формируемых умений, осуществления различных видов контроля. Наибольшее распространение, как отмечают В.Н. Васильев, С.К. Стафеев, А.А. Штрик, в последнее время получило компьютерное тестирование, предназначенное для оценки уровня усвоения материала, сравнительного анализа учебного процесса по группам студентов, образовательным учреждениям, регионам и т.д. и позволяющее оценить знания и умения студентов, вовремя ликвидировать выявленные пробелы [1, 2].

### **Достоинства компьютерного тестирования:**

- быстрота проведения;
- высокая скорость проверки результатов;
- вариативность предъявления тестовых заданий в компьютерной форме.

Проведение компьютерного тестирования предоставляет возможность выполнения тестовых заданий с применением определенных знаний в установленный временной отрезок. По окончании выполнения теста студенты должны получить конкретный результат, то есть оценку своей деятельности и соответствующий комментарий к ней.

### **Требования, предъявляемые к компьютерному тестированию:**

- наличие нескольких вариантов теста одинакового уровня трудности;

- определение оптимального количества времени на выполнение заданий;
- технологичность, обеспечиваемая точностью формулировок заданий.

Анализ тестовых заданий осуществляется с учетом меры их трудности и дифференцирующей способности. Мера трудности дает информацию о степени задействования оцениваемых свойств, которые необходимо измерить. Дифференцирующая способность помогает отличить сильного испытуемого от слабого. Если по одному из заданий у всех студентов имеется одинаковый вариант ответа, то такое задание нецелесообразно включать в тест.

По мнению С.А. Смирновой, главное отличие теста от упражнения и традиционной контрольной работы заключается в том, что его результаты можно измерить [3, с. 277]. Качество теста как любого измерительного средства определяется показателями его надежности и валидности. Показатель надежности свидетельствует, насколько последовательны результаты этих измерений. Надежный тест должен исключать случайность результата. Валидность обеспечивает измерение уровня знаний и умений обучаемых. Она определяет правомерность интерпретации результатов тестирования.

Предъявление учебного материала в виде тестов должно осуществляться с учетом следующих принципов [4, с. 92-95]:

1. Тест должен содержать только те языковые трудности, которые являлись предметом изучения и тренировки обучаемых.
2. Тест должен быть основан преимущественно на знакомом материале с целью исключения дополнительных трудностей.
3. В тесте необходимо предусмотреть задания, в которых будут отражены явления интерференции.
4. В тесте целесообразно расположить задания различной трудности, начиная с простых и постепенно переходя к более сложным.
5. В тесте должен быть представлен материал с учетом коэффициента частотности его употребления, отражающий основные и наиболее распространенные явления изучаемого языка.

Компьютерное тестирование может осуществляться в виде внеаудиторной самостоятельной работы, аудиторной самостоятельной и аудиторной под руководством преподавателя (диагностические, тренировочные и контрольные тесты) и включать следующие режимы: самоконтроль, самоподготовка, текущая аттестация, рубежное тестирование.

Рассмотрим возможности применения диагностических, тренировочных и контрольных тестов в учебном процессе. Диагностический тест может быть использован для предварительного определения уровня подготовки студентов (например, с целью их распределения на группы), степени обученности на определенном этапе, уровня знаний до начала изучения новой темы, степени непосредственного запоминания с целью проверки

усвоения информации сразу после ее получения. Тренировочный тест может содержать задания, направленные на узнавание нового языкового явления, на понимание прочитанного текста в виде серии вопросов с выборочными ответами и т.д. Контрольный тест предполагает проверку уровня усвоения изученного материала по отдельной учебной теме или выявления уровня подготовленности в соответствии с определенными нормативами.

Дадим краткую характеристику каждому режиму компьютерного тестирования.

**Самоконтроль** предполагает свободный доступ (не требуется заполнения входных анкет и запоминания паролей) к образцовым предметным банкам данных и предназначен в первую очередь для студентов. В качестве вспомогательного инструмента данный режим может использоваться преподавателями для формирования однородных по начальному уровню групп. Обязательным элементом является наличие тематических help-систем, которые содержат разбор заданий, аналогичных содержащимся в контрольных банках. Данные вспомогательные системы предназначены для напоминания методики выполнения заданий, указания особенностей определенных явлений.

**Самоподготовка** включает банки тестовых заданий, подсказок и решений в условно-свободном доступе (заполнение входной анкеты, получение пароля-доступа дополнительно не проверяются). Студенту предлагается выбрать тематический раздел. В зависимости от получаемых ответов система должна, при необходимости, задействовать банк подсказок, расположенных по уровню сложности и последовательности вывода. Если это не помогает, то студенту сообщается верный ответ с его полным обоснованием, а также точные ссылки на учебную литературу, Интернет-ресурсы, содержащие данный материал. Выбор следующего тестового задания производится адаптивно, с учетом всей предыстории ответов и полученных подсказок. По окончании работы с выбранным тестовым банком (по инициативе студента или по решению системы) формируется и выдается полный протокол результатов на фоне общих статистических данных. Коллективная форма использования режима самоподготовки позволяет преподавателям снизить голосовую нагрузку, привить студентам навыки самостоятельной работы с использованием современных компьютерных технологий.

**Текущая аттестация** предполагает использование системы защиты, согласованного графика доступа и комментарии преподавателя. Тестовые задания открываются для зарегистрированных в системе пользователей в заданное время и их выполнение хронометрируется специальной подсистемой. Объем одного задания должен быть минимальным (4 – 5 простых и 2 – 3 более сложных задания рассчитаны на 15 – 20 минут), подсказки и наводящие вопросы отсутствуют. Частота текущей аттестации может меняться. Специальных мер по идентификации личности тестируе-



мого не предусматривается; контроль прохождения текущей аттестации остается за преподавателем, который отслеживает номера и списочный состав учебной группы, принимающей участие в компьютерном тестировании.

*Рубежное тестирование* предназначено для проведения аттестации учебных заведений, определения уровней остаточных знаний студентов, организации региональных и общероссийских предметных олимпиад и содержит регламентируемый порядок доступа, идентификацию личности, дублированные системы апеллирования и защиты информации.

Учитывая изложенное, можно сделать вывод о том, что применение компьютерного тестирования при изучении иностранного языка в вузе предполагает соответствующую организацию учебного процесса, построение тестов с учетом предъявляемых к ним требований и их реализацию в разных режимах. Использование данного вида работы представляется педагогически целесообразным и открывает широкие возможности для реализации тестирования при изучении различного языкового материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев В.Н. Единая система компьютерного тестирования: состояние и перспективы / В.Н. Васильев, С.К. Стафеев // Открытое образование. – 2002. – № 2. – С. 42-53.

2. Штрик А.А. Информационные технологии в образовании: тенденции и эффективность / А.А. Штрик // Открытое образование. – 2001. – № 5. – С. 65-68.

3. Смирнова С.А. Использование тестовой методики в преподавании грамматики английского языка на первом курсе неязыкового вуза / С.А. Смирнова // Современные теории и методы обучения иностранным языкам: Материалы второй международной научно-практической конференции «Языки мира и мир языка» / Моск. акад. экон. и права. – М.: Экзамен, 2006. – С. 276-285.

4. Годынская И.Н. Дидактические принципы составления учебного материала для некоторых видов тестов по иностранному языку / И.Н. Годынская // Современные теории и методы обучения иностранным языкам: Материалы второй международной научно-практической конференции «Языки мира и мир языка» / Моск. акад. экон. и права. – М.: Экзамен, 2006. – С. 91-96.

УДК 378.147:796

Г.Н. Черновский

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## ФИЗИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ КАК ПРОЦЕСС СИМБИОЗА ОСОЗНАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ И УКРЕПЛЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ

В статье сформулировано понятие «физическое самовоспитание». Дана характеристика основным принципам и методам развития физического воспитания студентов.

The definition of physical self-discipline is formulated in the article. The characteristic of main principles and methods of students' physical education development is presented.

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что благополучие любого общества во многом зависит от состояния здоровья детей, подростков, молодежи, людей среднего и пожилого возраста. В последнее десятилетие во всем мире наметилась тенденция к ухудшению здоровья населения. А значит, необходимо вести поиск новых подходов к вопросам укрепления здоровья с самого детства, в подростковом возрасте поддерживать и привлекать молодежь к постоянным занятиям спортом. Именно поэтому особенно важно сформировать грамотный подход к развитию физического воспитания на всем промежутке времени вузовского обучения студентов.

Понятие «физическое самовоспитание» в настоящее время должно восприниматься как процесс симбиоза осознанного воздействия на развитие физических качеств и способностей, укрепление здоровья, овладение новыми двигательными навыками с целью реализации своего физического и духовного потенциала для полезного служения людям, обществу, Отечеству (например, созданию семьи и поддержанию здорового образа жизни в ней, воспитанию здоровых детей).

Результатом самовоспитания является, прежде всего, полное самовыражение человека в деле, раскрытие своих возможностей, постоянное руководство собой, развитие своих достоинств, а самое важное – самоуправление и самоконтроль за собственным поведением, самостимулирование своей активности (контроль агрессии и депрессивных состояний посредством сброса энергии при занятиях физической культурой).

Воспитать полноценно развитую личность, достойного гражданина своей страны должны стремиться не только родители, но и учителя, преподаватели вузов, и именно тогда учащийся, студент смогут самостоятельно найти путь к собственной самореализации.

Сознательность в обучении физической культуре предполагает формирование осмысленного отношения к занятиям физическими упражнениями, предварительную разъяснительную работу со студентами для раскрытия сущности выполняемых заданий и осознания значимости их выполнения, осуществление контроля не только со стороны преподавателя, но и самоанализа, самоконтроля уровня своих достижений самими обучаемыми.

Сознательность усвоения знаний и формирования умений в значительной мере определяется степенью активности и заинтересованности студентов в выполняемой работе. Повышению активности обучаемых на занятии способствует сравнение и сопоставление результатов спортивных достижений учащихся, полученных в начале и конце учебного года. Наличие положительной динамики в развитии их способностей и повышение результативности при сдаче контрольных нормативов оказывает позитивное влияние на формирование устойчивой мотивации и интереса к физической деятельности.

Развитие физического самовоспитания базируется на определенных принципах. Дадим им краткую характеристику.

1. Принцип наглядности обеспечивает демонстрацию как отдельных элементов, так и всего выполняемого упражнения. Использование данного принципа позволяет создать правильное представление о надлежащем исполнении физических упражнений и является предпосылкой для их освоения и воспроизведения.

2. Принцип систематичности и непрерывности направлен на реализацию и поддержание регулярности занятий, рационального чередования нагрузок и отдыха. Многократное повторение одних и тех же заданий на отдельном уроке и самих занятий идентичной структуры на протяжении длительного времени дает возможность обеспечить закрепление достигнутого уровня физической подготовленности. Применение данного принципа позволяет определять оптимальный объем и интенсивность силовых упражнений с учетом морфофункциональных особенностей развития студентов.

3. Принцип доступности и возрастной адекватности также ориентирован на привлечение во внимание возрастных, физических особенностей обучаемых и уровня их подготовленности. Принцип доступности предполагает определение посильной меры трудностей в учебном процессе, которые могут быть преодолены студентами. С этой целью осуществляется диагностика исходного уровня и сопоставление ее результатов с данными, полученными при сдаче контрольных нормативов. Для обеспечения функ-

ционирования данного принципа используется переход от неизвестного к известному, от легкого к трудному, от простого к сложному, от главного к второстепенному. Эффективная реализация принципа возрастной адекватности предусматривает определение технологии преимущественной направленности подготовки, обеспечение гармоничного развития физических способностей в совокупности, совершенствования морфофункциональных систем обучаемых, постепенное увеличение физических нагрузок в соответствии с возрастными и индивидуальными физическими возможностями.

4. Принцип сопряженного воздействия дает возможность целенаправленного воздействия и необходимого регулирования формируемых умений с учетом развития физических способностей. Это позволяет применять осваиваемые элементы упражнений в двигательной структуре конкретных упражнений.

Для реализации принципов физического самовоспитания используются следующие методы, описанные в современной литературе и чаще всего применяемые на практике: повторный метод, переменный метод, круговой метод, метод регламентированного упражнения. Дадим краткую характеристику перечисленным методам.

- Повторный метод характеризуется многократным выполнением упражнения через интервалы отдыха, в течение которых происходит достаточно полное восстановление работоспособности. С его помощью осуществляется развитие силы, скоростных и силовых возможностей, скоростной выносливости, стабилизация техники скоростных движений.
- Переменный метод предполагает последовательное варьирование нагрузки в ходе непрерывного выполнения упражнения путем направленного изменения скорости, темпа, длительности, амплитуды движений, величины усилий, смены техники движений. Его применение позволяет развивать скоростные возможности и выносливость, координационные способности, расширять диапазон двигательных умений, воспитывать волевые качества. Данный метод позволяет избежать монотонности в работе, повышает скорость формирования умений, способность к одновременной перестройке всех органов и систем.
- Круговой метод предусматривает последовательное выполнение специально подобранного комплекса физических упражнений для развития силы, быстроты и выносливости. Данный метод позволяет вырабатывать у студентов согласованность своих действий, дисциплинированность, терпение, контролировать и корректировать процесс адаптации организма обучаемых к нагрузке.
- Метод регламентированного упражнения обеспечивает реализацию разработанной программы движений (состав движений, порядок повторений и т.д.), точность в дозировании и управлении выполняемой

нагрузкой, нормировании места и длительности интервалов отдыха, контроль над воздействием нагрузки.

Учитывая вышеизложенное, необходимо отметить, что помимо применения на практике описанных методов и принципов необходимо учитывать индивидуальные физические особенности студентов, их возможности и состояние психологической устойчивости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая культура студента: учебник / Под ред. В.И Ильинича. – М.: Гардарики, 2000. – 448 с.
2. Петров Н.Я. Сделай себя сильным / Н.Я. Петров, Н.И. Осипчук. – Мн.: Хата, 1993. – 168 с.
3. Уайдер Д. *Momento more!* / Д. Уайдер // *Сила и красота*. – 2002. – № 9-10. – С. 3-4.

УДК 378.147:744

Л.А. Фролова, А.П. Коробейников, А.Н. Филин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

В статье рассматриваются особенности преподавания начертательной геометрии в техническом университете.

In the article the features of teaching of a descriptive geometry at technical university are considered.

В инженерной деятельности значительная часть информации передается графическим языком, т.е. с помощью чертежа. Как известно, чертеж является не только языком техники, но и способом получения и хранения информации.

Современный инженер должен уметь представлять создаваемое им изделие на бумаге как традиционным способом «вручную», так и с помощью систем автоматизированного проектирования. Программное обеспечение на сегодняшний день позволяет выполнять на компьютере чертежи различной сложности, любую конструкторскую документацию. И это требует от студентов широкого диапазона навыков и знаний. Поэтому, прежде чем приступить к выполнению чертежных работ на компьютере, студенты должны вначале приобрести хорошие базовые знания в области начертательной геометрии. Для этого обучать навыкам начертательной геометрии, черчения нужно начинать еще в школе. И это будет способствовать развитию инженерного творчества.

Для преподавателя вуза приходится решать вопросы: как научить основам машиностроительного черчения студентов, которые в школе черчение не проходили.

Конечно, многие студенты первого курса сейчас довольно хорошо владеют компьютерной техникой. Часто самостоятельно они осваивают «AutoCad» и «Компас», и считают, что электронная машина поможет выполнить любой чертеж. Однако, не получив знания о правилах и способах ручного выполнения чертежа, невозможно с помощью компьютерной графики выполнить чертежи деталей. В то же время, без знаний компьютерной графики выпускнику технического вуза сложно устроиться на достойную работу, так как на предприятиях везде требуется знание и умение работать в системе «AutoCad» и «Компас». Но увеличение объема компьютерной графики приводит к тому, что студенты плохо выполняют чертежи

на бумаге. Найти выход из этого положения можно, совмещая машинную и инженерную графику. Знания, полученные на занятиях по черчению, позволяют успешно применять их при выполнении чертежей деталей на компьютере, и это экономит очень много времени.

Большое значение имеет способ подачи информации, например, с помощью электронного учебника. Электронный учебник может быть использован как на лекциях для демонстрации материала на большом экране, так и для самостоятельной проработки теоретических знаний. Это значительно интенсифицирует процесс работы за счет экономии времени, затрачиваемого по выполнению чертежей на доске, и позволяет обучать студентов графическим дисциплинам, соответствующих современному уровню, обеспечивая подготовку специалистов, отвечающих всем требованиям современной научной, производственной и коммерческой деятельности.

В Сибирском государственном индустриальном университете (СибГИУ) начертательную геометрию изучают студенты 45 – ти групп на семи факультетах. Изучение происходит в двух семестрах. Большое значение в совершенствовании графических знаний студентов играет обучение работе на персональных компьютерах. Сама форма обучения, с применением персональных компьютеров, носит индивидуальный характер, способствует приобретению студентами приемов и навыков для выполнения чертежных работ с использованием компьютерных систем.

Несомненно, будущее за компьютерной графикой, поэтому возникла необходимость в создании компьютерного класса, в обучении преподавателей, разработке доступного курса, рассчитанного на разные уровни подготовки студентов.

Исходя из требований времени, начиная модернизацию обучения начертательной геометрии на кафедре, были пущены в эксплуатацию два компьютерных класса, обучены все преподаватели. Был разработан учебно-методический комплекс. В этот комплекс, в первую очередь, вошло программное обеспечение, подготовлены вводные лекции и практические наработки с программами контрольного опроса.

К примеру, вводные лекции спланированы так, что охватывают все основные приемы машинного построения чертежа.

Лекции строятся по следующему плану:

1. Рассмотрение эффективности, возможности и перспективы компьютерного черчения.

а) Обоснование необходимости компьютерного проектирования.

б) Понятия о принципах работы, программном обеспечении, способах ввода и вывода информации.

в) Использование возможностей компьютерной графики в решении конструкторских задач.

2. Средства и методы компьютерной графики.

а) Описание компьютерного комплекса для оперативного отображения графической информации.

б) Примеры решения задач и построения чертежей.

Хочется отметить то, что обучение в выполнении компьютерного чертежа не является самоцелью. Компьютер с заложенной в него программой – это только инструмент, пусть даже очень современный по сравнению с чертежными принадлежностями, но все-таки инструмент. Для студента – будущего специалиста необходимо знать технологию создания конструкторской документации и иметь представление о возможностях графических редакторов.



Т.А. Михайличенко, В.В.Стерлигов, А.Е. Корочкин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД – ОСНОВА ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Рассматривается проблема реформирования системы высшего профессионального образования в России. Обсуждаются основные новации Федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения и особенности компетентностного подхода при проектировании основных образовательных программ.

The problem of reforming high school is under consideration. Main ideas of the federal state educational standard (third generation) are discussed as well as the specific features of the competence method while projecting basical educational programs.

В 1997 году рядом стран Западной Европы было подписано Болонское соглашение об едином образовательном пространстве.

В 2004 г. Россия присоединилась к Болонскому процессу, при этом одной из главных проблем интеграции России в европейское образовательное сообщество стала необходимость изменения формата российских образовательных программ с учетом европейских стандартов. Для решения этой проблемы были приняты следующие законодательные акты.

В октябре 2007 г. Президентом подписан Федеральный закон №232-ФЗ об установлении уровней высшего профессионального образования (ВПО) в РФ. А уже в декабре 2007 г. подписан еще один Федеральный закон № 309-ФЗ, касающийся Государственных образовательных стандартов (ГОС), которые стали называться Федеральными государственными образовательными стандартами третьего поколения (ФГОС).

В соответствии с этими законами устанавливаются уровни ВПО – бакалавриат, магистратура, специалитет, и с сентября 2009г. прекращается прием студентов по ныне действующим образовательным программам.

К 2010 году в России должен завершиться переход вузов на ФГОСы третьего поколения, реализующие двухуровневую систему подготовки инженеров. Хотя сам термин «инженер», как нам кажется, в этом случае теряет свой первоначальный смысл – «специалист с высшим образованием» [1]. Ведь при двухуровневой системе ВПО будут одновременно выпускаться специалисты «невысокого» уровня – бакалавры и специалисты «высокого»

уровня – магистры и специалисты. И столь ли уж необходимой и обоснованной новацией ВПО является изгнание из образовательного и производственного пространства понятия «инженер»?

Восстанавливая «историческую справедливость», следует отметить, что первые шаги к европейским образовательным стандартам в России были сделаны уже в начале 90-тых годов, еще до подписания Болонского соглашения. Именно тогда с предложениями по многоуровневой подготовке инженеров-металлургов выступили Уральский и Липецкий политехнические институты. Эти новации предусматривали сокращение сроков подготовки инженера до 4 лет, значительное перераспределение учебной нагрузки в сторону гуманитарных дисциплин за счет сокращения объема часов на специальную подготовку. При этом резко уменьшался объем часов на аудиторные занятия, особенно на старших курсах, на которых, в основном, и изучаются специальные дисциплины, и основная роль при изучении специальных дисциплин отводилась самостоятельной работе студентов. Эти предложения в значительной мере были воплощены в ГОСах первого поколения (ГОСах 2000года), заменивших ГОСы 1995года.

Можно привести еще один пример: в 1992году на двухуровневую систему образования перешел Волгоградский политехнический институт (ВПИ), и в настоящее время на базе бакалавриата (первая ступень) действуют две ветви второй ступени – магистратура и специалитет [2]. Дальнейшее развитие системы образования в ВолгГТУ (современное название бывшего ВПИ) ввиду гибкости созданной образовательной модели будет полностью подчинено концепции развития ВПО в стране.

В основе новых ФГОСов лежит «компетентностная» модель выпускника в отличие от квалификационных характеристик, которые определяли результат образовательного процесса в ранее действовавших ГОСах. Именно компетентностный подход (КП) – главная инновация системы ВПО в России, нашедшая отражение во ФГОСе.

Для того, чтобы выяснить и сформулировать отличие КП от квалификационного, уточним происхождение терминов «компетенция» и «компетентность». Термин «компетенция» [лат. *competentia* принадлежность по праву] означает [3]: 1) круг полномочий должностного лица или органа, 2) круг вопросов, в которых данное лицо обладает познаниями. Термин «компетентность» означает: 1) обладание компетенцией в значении №1, 2) обладание знаниями, позволяющими судить о чем-либо.

Таким образом, компетенция – это новое понятие, введенное во ФГОСы третьего поколения: «способность применять знания, умения, навыки (ЗУНы) и проявлять социально-личностные качества для успешной деятельности в определенной области».

Не вдаваясь в подробности семантического анализа правомерности такой трактовки понятия компетенции, следует признать, что ФГОС – это утвержденный на государственном уровне документ, являющийся законо-

дательной базой для проектирования основных образовательных программ (ООП), причем каждому вузу предстоит разрабатывать и реализовывать свой социально-педагогический проект перехода к компетентностно-ориентированной образовательной деятельности.

Квалификация – набор профессиональных ЗУНов. Как правило – это алгоритмическая деятельность, увязанная с предметами труда, в то время как компетенция – выходит на личность. КП в этом смысле означает изменение целей образования: результатом образования является не приобретение отдельных ЗУНов, а формирование компетенций.

Исходя из своей сути, КП позиционируется как прагматичный в отличие от фундаментального, характерного для российской системы ВПО. Именно фундаментальность нашего образования всегда считалась главным его достижением и главным аргументом противников КП, которых, кстати, немало в среде российского высшего образования.

Основными структурными элементами ФГОСа являются цели ВПО, области, объекты, виды и задачи профессиональной деятельности, а также требования к результатам образования в форме компетенций (профессиональных и универсальных). Именно эти структурные элементы ФГОС, по мнению авторов [4], при их качественной проработке при проектировании ООП должны обеспечить сбалансированность фундаментальности и прагматизма российского ВПО. Эти же авторы считают, что если хорошо разработаны ГОСы второго поколения, то перейти к компетентностному формату ООП будет достаточно просто. Для этого надо к профессиональным компетенциям (квалификационным характеристикам) достроить универсальные компетенции.

Компетенции выпускников во ФГОСе разделены по блокам: универсальные, включающие общенаучные (ОНК), инструментальные (ИК), социально-личностные и общекультурные (СЛК) и профессиональные (ПК), которые различны для различных видов профессиональной деятельности выпускников. Виды деятельности для направления «Металлургия» не изменились: это производственно-технологическая, организационно-управленческая, научно-исследовательская и проектная деятельность.

Следует отметить, что ФГОС содержит только перечень компетенций, уровень освоения которых определяет сам вуз. Однако, этим продекларированным правом вуз на самом деле практически не обладает. Известно, что для организации третьего, а тем более четвертого уровня усвоения требуются достаточно дорогие в финансовом отношении монодидактические системы, например, «малая группа» или «репетитор». Отсюда следует, что уровни освоения компетенций, какими бы их ни запланировал сам вуз, будут определяться уровнем его финансирования. Любая новация, не подкрепленная соответствующим финансированием, будет обречена на провал.

Другими новациями ФГОСа третьего поколения являются модульный подход к построению образовательной программы и кредитная система

оценки трудоемкости учебной работы (система зачетных единиц). Однако ФГОС никак не связывает эту триаду «образовательные модули – система зачетных единиц – компетенции». По-видимому, предполагается, что эта задача будет решаться каждым конкретным вузом при проектировании компетентностно-ориентированных ООП (КОООП), исходя из научно-исследовательского, педагогического, экономического потенциала вуза, как, например, это практически реализовано в Томском политехническом университете [5]. Нашему же университету еще только предстоит на базе ФГОСа проектирование КОООП, представляющих комбинированный социальный, педагогический, экономический, маркетинговый и управленческий продукт. В этих программах должен быть определен состав компетенций как целей образования, сформирована система модулей (дисциплин) с возможностью выбора индивидуальных образовательных траекторий. Программы должны содержать также системы образовательных технологий с маршрутами и временными параметрами и контроля и оценки результатов обучения.

Таким образом, конечная цель создания КОООП – формирование детерминированного образовательно-методического пространства. Достижение этой цели возможно только в инновационной образовательной среде, обеспеченной соответствующими средствами, а определяющий субъект учебного процесса – преподаватель новой формации – должен быть материально заинтересован в результатах своего труда. Иначе все новации, связанные с реформой ВПО, окажутся просто утопией.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стерлигов В.В. Формирование инженерного мышления у студентов технических вузов / В.В.Стерлигов, Т.А.Михайличенко, А.Е.Корочкин. // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 22. – М., Новокузнецк, 2008. – С. 272-275.
2. Совершенствование учебной и методической работы в условиях инновационного вуза / И. Гоник [и др.] // Высшее образование в России. – 2008. – № 10. – С. 105-111.
3. Компетенция, компетентность // Словарь иностранных слов. – 17-е изд., испр. – М., 1988. – С. 241.
4. Азарова Р.Н. Проектирование компетентностно-ориентированных и конкурентноспособных основных образовательных программ ВПО, реализующих ФГОС ВПО. Методические рекомендации / Р.Н. Азарова, Н.В. Борисова, В.Б. Кузов // Материалы XVIII Всероссийской научно-методической конференции. – М., Уфа: ИЦ проблем качества подготовки специалистов, 2008. – 81 с.
5. Чучалин А. Проектирование образовательных программ на основе кредитной оценки компетенций выпускников / А.Чучалин // Высшее образование в России. – 2008. – № 10. – С. 72-82.

Т.А. Михайличенко, С.Г. Коротков, Н.А. Драничников

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

## УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА «ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ» В СВЕТЕ НОВОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА

Рассматриваются возможности учебной дисциплины «Введение в специальность» для реализации новаций, предусмотренных образовательным стандартом третьего поколения. С самого начального этапа учебный процесс должен быть ориентирован на формирование профессиональных и социально-личностных компетенций.

The possibilities of educational subject «The introduction into speciality» for realization of the ideas of the federal state educational standard (3rd generation) are under consideration. From the outset the teaching process must be orientated to forming the professional and socio-personal competencies.

К 1 сентября 2009 года в Сибирском государственном индустриальном университете (СибГИУ) будет осуществлен первый набор студентов, которым предстоит обучаться по новым образовательным программам. В основе создания этих образовательных программ лежит принципиально новый для нашей системы образования концептуальный подход – компетентностный, законодательно закрепленный рядом федеральных законов и федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС). Цель всех этих новаций, которые, по сути, представляют реформу всей системы высшего профессионального образования в России, – создание единого образовательного и методического пространства в Европе.

К сожалению, знакомство с содержанием текста проекта ФГОСа [1] не дает четкого представления о том, каким образом на базе одного этого документа можно спроектировать компетентностно-ориентированную основную образовательную программу, в которой будут реализованы следующие новации образовательного процесса:

- компетенции как результат образовательного процесса,
- кредитно-модульная система как оценка трудоемкости отдельных структурных единиц программы,
- фонды оценочных средств, позволяющие выявить уровень приобретенных компетенций,

- необходимость ежегодного обновления основных образовательных программ с учетом развития науки, техники, экономики, социума и культуры.

И этот перечень вопросов – не исчерпывающий.

Для преподавателей – непосредственных организаторов учебного процесса, важно знать, что изменится в учебном процессе с переходом на новый ФГОС. А измениться должно многое. Компетенции можно сформировать только действием, поэтому преподаватель, работающий в инновационной среде, должен быть менеджером, реализующим принципы активного обучения.

Анализ методических разработок идеологов внедрения компетентного подхода на российскую почву [2,3] позволяет выделить следующие отличительные качества преподавателя-менеджера:

- рассматривает студентов как ресурс образовательного процесса,
- верит в способность студентов справиться со всем самостоятельно,
- передает значительную часть ответственности за обучение и контроль студентам,
- четко представляет, чему и как учить, чем обеспечить процесс обучения,
- каковы критерии оценки, технологии обучения и т.д.

Именно такой преподаватель способен наполнить учебный процесс технологиями активного обучения, основные принципы которого сводятся к следующему [3]:

- принудительная активизация мышления и поведения обучающегося (создание таких условий, чтобы обучающийся не мог не думать и не делать);
- паритетность активностей обучающегося и преподавателя;
- повышенная степень мотивации, эмоциональности, творчества;
- обязанность взаимодействия обучающихся между собой и/или с преподавателем;
- сжатые сроки учебы;
- поэтапная оценка успешности и полноты усвоения материала.

Для достижения поставленных новым ФГОСом целей должна быть сформирована образовательная среда, которая структурно состоит из совокупности форм и методов учебной деятельности, разработанных на основе менеджмента и мониторинга учебно-воспитательного процесса и целого комплекса социально-значимых факторов. Очень важно, что новый ФГОС, в отличие от всех предыдущих, большую роль в образовательном процессе отводит студенту. Это одна из самых значительных его новаций: студенты имеют право формировать индивидуальную программу обучения (п. 4.1.5 ФГОСа), а при выборе индивидуальной образовательной траектории получать консультации по формированию будущего профиля подготовки (п. 4.2.2 ФГОСа). Мы считаем, что с этими инновационными осо-

бенностями учебной деятельности студентов нужно знакомить в рамках учебной дисциплины «Введение в специальность». Эту дисциплину в настоящее время читают все выпускающие кафедры с целью помочь студентам адаптироваться к вузовской жизни. Круг вопросов достаточно широк: история и традиции вуза, факультета и кафедры; права и обязанности субъектов учебного процесса; организация и гигиена умственного труда; правила внутреннего распорядка в вузе; основные сведения о технологических процессах металлургических заводов с полным и неполным циклами и другие сведения, которые знакомят студентов с будущей специальностью.

Вместе с тем, многолетний опыт работу в вузе позволяет нам утверждать, что большая часть студентов не задумывается о целях и задачах своего образования, и цивилизованный рынок труда молодых специалистов еще только формируется. Дело в том, что вопрос о квалификационных характеристиках вообще и конкретном содержании квалификационных характеристиках в частности возникает перед студентами лишь при устройстве на работу. Резюме, которое требует от будущего сотрудника всякий уважающий себя работодатель, либо скачивается из Интернета, либо составляется с помощью кадровых агентств. В результате работодателю трудно оценить предложения и сделать выбор.

Для того, чтобы вовлечь студента в образовательную деятельность, результатом которой является формирование не только профессиональных, но и социально-личностно-ориентированных компетенций, необходимо, по нашему мнению, на самом раннем этапе сформировать у студентов стереотип поведения в процессе обучения, направленный на адекватное восприятие тех новаций, которые предусмотрены новым ФГОСом.

Этим можно и нужно заниматься в рамках дисциплины «Введение в специальность» примерно по такой схеме. Одновременно с получением студенческого билета и зачетной книжки студенты знакомятся с документами (учебным планом специальности, ФГОСом и др.), регламентирующим их права и обязанности при формировании основной образовательной программы, набором профессиональных и универсальных компетенций, которыми они должны обладать после завершения процесса образования, а также всеми другими новациями, которые предусмотрены ФГОСом третьего поколения.

Это, в свою очередь, обеспечит востребованность молодых специалистов на рынке труда в соответствии с реальной экономической ситуацией и требованиями работодателей в условиях реформы высшего профессионального образования и в последующие годы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 150100 – Metallургия. Уровни подготовки: бакалавр, магистр. – М.: Министерство образования и науки РФ, 2008. – 25 с.
2. Байденко В.И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего образования (методологические и методические вопросы): Методическое пособие / В.И.Байденко. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. – 114 с.
3. Азарова Р.Н. Проектирование компетентностно-ориентированных и конкурентноспособных основных образовательных программ ВПО, реализующих ФГОС ВПО. Методические рекомендации / Р.Н. Азарова, Н.В. Борисова, В.Б. Кузов // Материалы XVIII Всероссийской научно-методической конференции. – М., Уфа: ИЦ проблем качества подготовки специалистов, 2008. – 81 с.



УДК 303.4:378.147

А.В. Феоктистов, М.В. Темлянцев, Ю.А. Пустовойт, Е.А. Сафонова,  
Д.И. Оршанский

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк

## ОСВОЕНИЕ РАБОЧИХ КОМПЕТЕНЦИЙ В СОВРЕМЕННОМ ВУЗЕ: ОПЫТ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА МНЕНИЙ СТУДЕНТОВ И ЗАВЕДУЮЩИХ ВЫПУСКАЮЩИМИ КАФЕДРАМИ

В статье, написанной по результатам социологического исследования, рассмотрены проблемы, связанные с перспективами организации программ для освоения рабочих компетенций в СибГИУ

In this article written on sociological researching results are shown problems which are connected with perspectives of program organization for getting competence of worker at Siberian State Industrial University.

Должен ли современный инженер владеть рабочими специальностями? Один из лучших менеджеров XX века Ли Якокка в своей культовой книге «Карьера менеджера» описывает процесс адаптации молодых инженеров на предприятии Форда, где отобранные в результате жесточайшего конкурса специалисты в течение первого года своей стажировки проходили всю технологическую цепочку на рабочих должностях. Несомненно, это был положительный опыт. Не так давно и в СССР проблемы с освоением рабочих должностей для выпускников высших учебных заведений не было, так как на тот момент производственная практика органично вписывалась в учебный процесс. Рыночная экономика внесла свои коррективы. Большинство современных российских предприятий не особенно стремятся организовывать массовую практику, поскольку это не выгодно экономически и мало укладывается в стратегию привлечения перспективных молодых специалистов. Кроме этого в условиях, когда количество лиц с дипломом о высшем профессиональном образовании приближается к количеству молодых людей в своей возрастной категории, вполне понятно, что большинство их обладателей не сразу получают работу по своей квалификации.

Конечно, в условиях, когда подготовкой высококвалифицированных рабочих заняты учреждения среднего профессионального образования и учебные комбинаты, необходимость создания аналогичных программ и структурных подразделений в вузе требует тщательного изучения. Тем не

менее, повышение качества образовательных услуг вуза, увеличение степени конкурентоспособности его выпускников на рынке труда заставляет обратить особое внимание на развитие профессиональных компетенций выпускников, то есть знаний, умений и личностных качеств, позволяющих осуществлять им успешную деятельность в избранном профессиональном направлении.

Для принятия эффективных управленческих решений в отношении развития рабочих компетенций необходимо было выяснить мнения заведующих выпускающими кафедрами (в перспективе организаторов программ) о необходимости ведения деятельности, направленной на развитие рабочих компетенций студентов, а также провести оценку студентами их потребности в освоении рабочих компетенций, которая включает самооценку имеющейся и желаемой профессиональной подготовленности в отношении знаний, умений и личностных качеств, обеспечивающих успешную деятельность на рабочих должностях. В ходе исследования было опрошено 449 студентов и 27 заведующих выпускающими кафедрами. Основные тематические блоки анкет студентов и заведующих выпускающими кафедрами совпадали, что позволило сопоставить их мнения.

Как считают заведующие кафедрами, большая часть выпускников вуза начинает карьеру с рабочих должностей на предприятиях металлургического и горного комплексов. Специалисты гуманитарного, экономического и строительного профиля практически не попадают на рабочие должности. Выпускники транспортно-механического факультета и специальностей, связанных с информационными технологиями и автоматизацией, по мнению заведующих кафедрами, распределяются примерно поровну. Здесь, например, есть специальности, где больше процент тех, кто начинает карьеру рабочими (электромеханика, машины и технология обработки металлов давлением и др.), и тех, кто начинает карьеру в качестве специалистов (выпускники кафедры автоматизации и информационных систем). Несмотря на то, что наши данные построены на экспертных (соответственно скорее субъективных) оценках и не являются полными (треть заведующих не приняла участие в опросе) нам представляется, что в целом тенденция к включению выпускника вуза в производственную жизнь через прохождение им рабочих должностей является преобладающей.

Сравнительный анализ оценок мотиваций, представленный в таблице 1, построенный на сопоставлении желаний студентов осваивать рабочие компетенции и заведующих выпускающими кафедрами, оценивающими этот же параметр, показывает скорее положительное отношение как тех, так и других к освоению рабочих компетенций. Во-первых, количество положительных ответов превышает количество отрицательных, во-вторых, оценки заведующих и студентов практически совпадают в численных выражениях, что говорит об определенном консенсусе в отношении повышения квалификации через освоение рабочих специальностей.

Таблица 1 – Сравнение оценок студентов в отношении своего желания развивать квалификацию для освоения рабочих специальностей и мнений заведующих выпускающей кафедрой о том, как большинство студентов отреагирует на предложение развивать квалификацию для освоения рабочих специальностей

Оценки	Студенты, %	Заведующие выпускающими кафедрами, %
отрицательно: совсем не нужно	2,5	3,7
скорее отрицательно: буду посещать под угрозой санкций	3,8	7,4
нейтрально: буду участвовать, если это укладывается в рамки учебной программы	25,4	18,5
скорее положительно: это нужно и я буду получать рабочие компетенции, даже если это потребует дополнительных усилий	43,9	51,9
положительно: мне это нужно и я смогу найти личные средства для повышения компетенций в рамках максимально широкого выбора специальностей	23	14,8
нет ответа	1,3	3,7

На вопрос «Считаете ли Вы необходимым организацию подобного рода программ на выпускающих кафедрах СибГИУ?», только 5 из 27 опрошенных заведующих считают эту практику нецелесообразной. Качественный анализ (то есть попытка определить, связана ли мотивация с получаемой специальностью) в данном случае ничего не показывает. Тем не менее, треть опрошенных (8 человек) заведующих считают это скорее не очень хорошей практикой, ссылаясь на сегодняшние социально-экономические реалии, 13 из них полагают, что это скорее положительный опыт, и 5 человек уверены в том, что необходимо создавать дополнительные возможности для освоения студентами рабочих компетенций. Анализ свободных ответов респондентов показывает достаточно большой диапазон способов решения этой проблемы. Предлагаются варианты использования производственной и учебной практики и взаимодействия с профессиональными образовательными учреждениями города. Например:

*Рабочие специальности необходимо осваивать во время производственной практики.*

*Увеличить сроки производственной практики обязательной работой на месте.*

*В городе есть учебные комбинаты для получения рабочих профессий, если университет будет оплачивать обучение, то студенты будут выходить из вуза с рабочими специальностями.*

*Должна быть материальная база.*

*Хотелось бы, чтобы наши студенты получали рабочие специальности где-либо. Мы, например, имеем договоренности с 29 училищем, где наших студентов за дополнительную плату готовят по двум специальностям. Им это нравится.*

В ходе опроса студентам и заведующим кафедрами было предложено обозначить степень своей готовности к получению специальностей по 5-ти балльной шкале. Таким образом, если бы все отвечающие оценили свою мотивацию как положительную, то полученная оценка была бы равна 5, если отрицательно – 1. При анализе данных следует учитывать, что определенная доля респондентов пропустила часть позиций, поэтому оценки получились заниженными. Несмотря на это в сравнении прорисовываются контуры тех направлений, которые респонденты считают перспективными для освоения рабочих компетенций. Данные, приведенные в таблице 2, отражают соотношение позиций заведующих выпускающими кафедрами и студентов относительно перспектив того или иного направления для освоения рабочих компетенций. Отметим, что они показывают их практически диаметрально противоположное отношение. Наибольшее количество положительных оценок у заведующих выпускающими кафедрами получили специальности, связанные с металлургией, электротехникой и горным делом. Студенты же, напротив, больше всего оценивают свою потребность в получении специальностей по направлениям экономика, менеджмент и документоведение, меньше всего – горное дело, металлургия, электротехника.

Полученные данные позволяют сформулировать предположение о том, что при выборе стратегии в определении необходимости в освоении той или иной рабочей компетенции студенты выбирают первой ту рабочую специальность, которая в первую очередь соответствует получаемому профессиональному профилю, а во вторую – ту специальность, которая выбирается ими как обеспечивающая «запасной» вариант профессиональной самореализации.

Кроме этого, полученные данные могут обозначить наиболее перспективные направления для организации программ освоения рабочих компетенций на разных факультетах. В целом, напрашивается вывод о том, что студенты готовы себя реализовать не только как технические специалисты, но и как управленцы, офисные менеджеры и агенты банковской сферы, страхования и рекламы. В принципе, выбранная студентами стратегия вполне укладывается как в современные рыночные реалии, так и в тот комплекс качеств, которые предъявляет современный работодатель персоналу, стремясь ориентировать его не столько на выполнение технологических операций, сколько на расширение внешних контактов организации. При этом ведущую роль начинают играть такие качества как коммуникабельность и умение самостоятельно принимать решения. В этом случае раннее получение рабочих компетенций в производственной и гуманитар-

ной областях позволит более уверенно планировать и осуществлять свои жизненные намерения.

Таблица 2 – Сравнительная оценка средних значений, полученных базовыми специальностями данная студентами и заведующими выпускающими кафедрами

Направления по базовым специальностям	студенты	заведующие кафедрами
032000 Документоведение (секретарь-машинистка, делопроизводитель, архивариус)	2,66	1,41
032400 Реклама (агент рекламный)	2,8	1,48
040100 Социальная работа (социальный работник)	2,35	1
080100 Экономика (агент банка, агент страховой, контролер сбербанка)	3,58	1,52
080510 Менеджмент (оператор диспетчерской службы)	2,93	1,15
130400 Горное дело (машинист на открытых горных работах, ремонтник горного оборудования, проходчик и т. д.)	2,32	1,89
140600 Электротехника, электромеханика и электротехнологии (электромеханик по лифтам, сборщик трансформаторов, электромонтажник-схемщик и т. д.)	2,24	1,85
150100 Metallургия (доменщик, сталеплавщик, модельщик, оператор производств, контролер метал. производства и т. д.)	2,31	1,93
150200 Машиностроительные технологии и оборудование (наладчик оборудования, сварщик, оператор в производстве)	2,42	1,67
150400 Технологические машины и оборудование (машинист пром. машин, электромонтажник, наладчик оборудования, машинист холодильных установок и т.д.)	2,42	1,78
190700 Организация перевозок и управление на транспорте (составитель поездов, оператор-монтажник пути, дежурный на станции и т. д.)	2,76	1,48
210100 Электроника и микроэлектроника (сборщик приборов электроники, наладчик технологического оборудования и т.д.)	2,59	1,48
220300 Автоматизированные технологии и производства (электромонтер охранно-пожарной сигнализации, наладчик приборов и т. д.)	2,58	1,63
270100 Строительство (трубклад, каменщик, кровельщик, мастер строительных работ, монтажник, слесарь и т.д.)	2,62	1,74

В ходе исследования были проанализированы данные, отражающие позиции заведующих выпускающими кафедрами относительно возможности организации программ по освоению рабочих компетенций на базе университета. Результаты показали, что половина из них не осведомлена о существовании учебных программ, позволяющих приобретать рабочие компетенции, и отрицает наличие на кафедрах соответствующих условий их реализации. В качестве последних выступают, во-первых, наличие материальной базы (74 %), во-вторых, подготовленные преподавательские кадры (59 %), в-третьих, достаточное финансирование (52 %). Тем не менее, заведующие считают, что на кафедрах есть квалифицированные кадры, способные реализовать учебные программы освоения рабочих компе-

тенций («да» ответили 37 %, «скорее, да» – 22 %, «скорее, нет» – 33 %, «нет» – 0 %). 40,7 % отвечающих полагают, что освоение рабочих компетенций должно проходить в лекционно-практической форме. Кроме этого респонденты отмечают, что это может происходить «Во время первой производственной практики», «В учебно-курсовых комбинатах компаний», «Кафедра МОМЗ (Механического оборудования металлургических заводов) обучает студентов в учебном комбинате».

На вопрос «Повлияет ли обучение студентов по программам, развивающим рабочие компетенции, на их уровень профессиональных знаний, умений и навыков?» уверенно отвечают «да» 51,9 %, считают «скорее, да» 37 %, «нет» и «скорее, нет» – 7,4 % и 3,7 % соответственно. В целом, можно оценить общую позицию ответивших заведующих выпускающими кафедрами как выжидательно-оброжелательную. Следует учесть, что 11 заведующих не приняли участие в опросе, что может также служить косвенным индикатором определенного скепсиса в отношении инициативы внедрения этих программ

Самооценка студентами знаний, умений и навыков в отношении рабочих компетенций показывает, что большинство оценивает их как «средние». Оценивая свою подготовку в настоящий момент студенты не представляют себе высоких оценок, впрочем как и низких: преобладают ответы в отношении знаний – «знаю, что в основном требуется от рабочего» (53,7 %) и «в принципе знаю, что требуется от рабочих» (34,7 %), в отношении умений в выполнении технологических операций – «могу выполнять большинство рабочих операций» (22,3 %) и «могу быстро освоить большинство операций» (58,5 %). Однако когда тот же самый вопрос задается в форме «Хотелось бы», то есть отражает силу мотивации в освоении рабочих компетенций, ответы респондентов показывают высокую степень активности в этом направлении. Так, вариант ответа «знаю все тонкости производства как рабочий высокой квалификации» выбрали для себя как желательный 76,8 % студентов и «могу в любой момент заменить рабочего высокой квалификации (разряда)» – 73 %. Отрицательные позиции здесь выбрали 1,3 % и 0,7 %. На основании полученных данных можно уверенно утверждать, что студенты не просто заинтересованы в освоении рабочих компетенций, но и большинство из них демонстрирует стремление овладеть рабочими специальностями в совершенстве.

Ответы респондентов на вопрос о наличии у них личностных качеств, позволяющих быть успешными на рабочих должностях, также служат индикатором их высокой мотивации. Перечень этих качеств взят из требований работодателей, для которых наиболее важным является дисциплинированность, далее – хорошее здоровье, аккуратность, ответственность. Как видно из анализа ответов, порядок оценки желаемых качеств дается студентами практически в этом же соотношении. В настоящий момент студенты выше оценивают свою ответственность, чем хорошее здо-

ровые и аккуратность. Примерно 1/5 часть опрошенных поставила такое качество как дисциплинированность на первое место в обоих случаях, что говорит об адекватности самооценки и понимании тех требований, которые им будут предъявляться на рабочих должностях.

По итогам социологического опроса можно сделать следующие выводы:

1. Рассмотрев потребность студентов в освоении ими рабочих компетенций, следует оценить ее как высокую. В пользу этого положения говорит преобладающее число ответов «скорее положительно» и «положительно» на основной вопрос исследования о желании развивать квалификацию для освоения рабочих специальностей. Кроме этого, большинство респондентов положительно относятся к тому, чтобы получить знания и навыки рабочего высокой квалификации. Выбирая и оценивая свою потребность в получении рабочих компетенций в рамках предложенных профессиональных направлений, студенты выбирают стратегию, при которой развитие рабочих компетенций в рамках собственной специальности дополняется выбором специальностей экономического и гуманитарного профилей.

2. Заведующие кафедрами в отношении организации и создания структур, направленных на развитие рабочих компетенций студентов, занимают более сдержанную позицию. Согласились с мнением о том, что «это не очень хорошая практика, но таковы сегодняшние социально-экономические реалии» 8 из 27 опрошенных (30 %), оценили этот опыт как положительный 13 из 27 (48 %) и считают, что необходимо создавать дополнительные возможности для освоения рабочих компетенций 5 человек. Выбирая специальности в рамках направлений, заведующие выпускающими кафедрами настаивают на специальностях своего или близкого профиля. Оценивая трудности, возникающие при реализации рабочих компетенций, отвечающие в первую очередь, отмечали необходимость создания и освоения соответствующей материальной базы.

3. Несмотря на обнадеживающие ответы, следует признать, что открытие специализированной структуры для освоения рабочих компетенций как минимум преждевременно. Часть заведующих отклонилась от участия в опросе, две трети опрошенных указывают на необходимость наличия соответствующей материальной базы и должного финансирования. В этом случае не сложно предположить, что реализация управленческого проекта на практике столкнется с определенными трудностями. Наилучшая стратегия их преодоления заключается скорее в целевой поддержке инициатив заведующих выпускающими кафедрами, направленных на реализацию программ для освоения студентами рабочих компетенций.

## **ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ И БИОГРАФИИ**



УДК 669.71

В.И. Веревкин

ГОУ ВПО «Кузбасская государственная педагогическая академия»,  
г. Новокузнецк

РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ «ПРОИЗВОДСТВО  
МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ И СПЛАВОВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ  
СИБИРИ» (АВТОРЫ: И.Д. РОЖИХИНА, О.И. НОХРИНА)

Острота проблемы обеспечения марганцевыми ферросплавами характерна для всех металлургических предприятий России и определяется низким уровнем развития марганцевой рудной базы и отсутствием современных предприятий по добыче и подготовке марганцевого сырья.

Проблема укрепления минерально-сырьевой базы марганца России и снижения зависимости от импорта должна решаться двумя путями: первое – эффективной разработкой низкосортных руд с применением новых технологий их обогащения и глубокой переработки; второе – выявление районов и месторождений с рудами более высокого сорта.

Выход в свет данной монографии расширяет представление о существующей марганецсодержащей рудной базе России, а также о возможности ее использования, включая в том числе и нетрадиционные технологии.

В монографию включен обширный материал, систематизирующий теоретические и практические разработки в области получения марганцевых сплавов, а также многолетние собственные исследования авторов.

Монография состоит из 5 глав.

Глава 1 «Общая характеристика марганцеворудной базы Западной Сибири» содержит обобщенные сведения о химическом и минералогическом составе марганцевых руд, их географическом расположении.

В главе 2 «Разработка теоретических и технологических основ выплавки марганцевых сплавов из руд месторождений Западной Сибири» рассмотрены различные методы обогащения марганцевых руд, указаны их достоинства и недостатки. По результатам собственных исследований приведена сквозная технологическая макросхема переработки бедного марганцевого сырья, включающая в себя получение высококачественного марганцевого концентрата с низким содержанием примесей.

В главе 3 «Разработка теоретических и технологических основ получения марганцевых сплавов с пониженным содержанием фосфора и углерода» рассмотрены термодинамические свойства сплавов системы Mn – P, обобщены данные исследований способов понижения содержания фосфора

в марганцевых сплавах. Представлены результаты собственных исследований авторов по твердофазной дефосфорации марганцевых сплавов расплавами солей, предложена технологическая схема получения марганцевых сплавов с пониженным содержанием фосфора и углерода, приведены результаты исследований по улучшению различных факторов на явление рассыпаемости марганцевых сплавов, содержит результаты собственных исследований авторов по разработке и освоению в промышленных условиях технологии подготовки марганецсодержащих материалов для прямого легирования стали в ковше, а также анализ результатов исследований технологических параметров электроплавки при прямом легировании оксидными марганецсодержащими материалами.

Глава 4 «Разработка теоретических основ и совершенствование технологии получения высококачественных концентратов из бедных марганцевых руд и отходов производства и подготовки их к использованию» содержит результаты собственных исследований авторов по разработке технологической схемы переработки марганецсодержащего сырья, включающая в себя получение высококачественного марганцевого концентрата, его подготовку, синтез марокита и монофазного материала, брикетирование (окомкование) марокита с восстановителем и использование брикетов для обработки стали в электропечном агрегате и агрегате печь-ковш, а также использование для производства металлического марганца.

Глава 5 «Исследование и разработка технологических основ выплавки металлического марганца из концентрата химического обогащения» приведены результаты для прогнозирования условий и технологических параметров алюминотермического процесса, разработана математическая модель, позволяющая оптимизировать технологические параметры алюминотермической плавки марганца металлического. Разработаны оптимальные технологические режимы для внепечной алюминотермической плавки металлического марганца с использованием монофазного материала и концентрата химического обогащения.

Монография написана авторским коллективом сотрудников кафедры электрометаллургии, стандартизации и сертификации Сибирского государственного индустриального университета и предназначена для исследователей, занимающихся вопросами теории и технологии электроплавки стали и ферросплавов, а также для аспирантов и докторантов высших учебных заведений, инженерно-технического персонала промышленных предприятий и научно-исследовательских лабораторий.

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Сборник научных трудов «Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии» подготавливается к печати Сибирским государственным индустриальным университетом совместно с отделением металлургии горно-металлургической секции РАЕН.

В сборник могут быть представлены работы по направлениям:

- металлургия черных и цветных металлов и сплавов;
- порошковая металлургия, композиционные материалы и покрытия;
- физика металлов и металловедение;
- экономика, управление и экология на предприятиях;
- проблемы высшего образования;
- отклики, рецензии и биографии.

Рукописи статей, оформленные в соответствии с нижеизложенными требованиями, направляются в Сибирский государственный индустриальный университет.

К рукописи прилагаются:

- разрешение ректора или проректора вуза на опубликование результатов работ;
- рекомендация соответствующей кафедры высшего учебного заведения или научного семинара академических институтов или отраслевых НИИ;
- рецензия, подготовленная специалистом, имеющим ученую степень, заверенная по месту работы рецензента,
- акт экспертизы, подтверждающей возможность опубликования работы в открытой печати;
- сведения об авторах (Ф.И.О. полностью, уч. степень, звание, вуз, служебный и домашний адрес, телефон).

Рукописи направляются в редакцию в одном экземпляре. Текст рукописи должен быть отпечатан на одной стороне стандартного листа белой бумаги формата А4 с полями 25 мм с каждой стороны. Объем статьи (включая аннотацию, иллюстрации, таблицы, библиографический список) не должен превышать 6-8 страниц машинописного текста, напечатанного через 1,5 интервала, размер шрифта 14 пт. Последнюю страницу рекомендуется занимать полностью.

Текст аннотации на русском и английском языке объемом порядка 1/4 страницы печатается через 1 интервал и помещается после заглавия статьи. Текст аннотации должен содержать только краткое описание публикуемого материала.

Иллюстрации представляются в одном экземпляре; они должны быть выполнены тушью на белой бумаге или кальке и скомпонованы на

одном или двух стандартных листах формата А4 (с полным их заполнением). Размер иллюстрации (иллюстраций) вместе с наименованием, поясняющей надписью и номером не должен превышать 250x170 мм. Страницы, занятые иллюстрациями, включают в общую нумерацию страниц.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц, имеющих заголовки и размещаемых в тексте по мере упоминания. Не рекомендуется делить головки таблиц по диагонали и включать графу «№ п/п».

Перечень литературных источников должен быть минимальным. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-84: 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, название статьи, полное название журнала, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборника – фамилии и инициалы авторов, название статьи, название сборника, место издания, издательство, год издания, номер или выпуск, страницы, занятые статьей.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Иностранные фамилии и термины следует давать в тексте в русской транскрипции, библиографическом списке фамилии авторов, название книг и журналов приводят в оригинальной транскрипции.

В начале статьи указывается индекс УДК (ББК). Название организации приводится полностью и размещается после фамилии авторов. Первая страница рукописи подписывается внизу всеми авторами статьи. Число авторов не должно превышать пяти; количество публикаций одного автора – не более двух в одном выпуске.

Для создания современного облика настоящего сборника, улучшения качества печати предусмотрен компьютерный набор. Поэтому, наряду с вышеуказанными документами и отпечатанными на бумаге статьями, в адрес редколлегии необходимо выслать дискету с текстом статьи, включая таблицы и подрисовочные подписи. Набор текстового файла осуществляется в редакторе *Microsoft Word for Windows (ver. 6.0, 7.0. 97, 2000)*. Графические объекты представляются в файлах (любого графического формата). При отсутствии такой возможности высылаются рисунки, выполненные тушью на бумаге, фотографии – в оригинале.

Срок представления материалов для следующего выпуска «Вестника горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии» – до 20 мая 2009 г. Статьи направлять главному редактору по адресу: ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», 654007, г. Новокузнецк, Кемеровской обл., ул. Кирова, 42.

**Вестник горно-металлургической секции РАЕН.**

**Отделение металлургии**

*Сборник научных трудов*

Компьютерный набор Темлянцева Е.Н.

Изд.лиц. № 01439 от 05.04.2000 г. Подписано в печать 18.03.2009 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 14,7 Уч.-изд.л. 15,6 Тираж 300 экз. Заказ 182

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Издательство СибГИУ