



ГОРЕНИЕ И ПЛАЗМОХИМИЯ

2011

ГОРЕНИЕ И ПЛАЗМОХИМИЯ

ТОМ 9

№ 2

2011

СОДЕРЖАНИЕ

О ПОСТРОЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАНИИ ПОВЕДЕНИЯ СЛОЖНООРГАНИЗОВАННЫХ СИСТЕМ Л.Г. Расколенко, О.А. Шкода	81
ПУЛЬСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ ПРИ ИСПАРЕНИИ КАПЕЛЬ ЭМУЛЬСИЙ Е. Н. Кондратьев, В. В. Опятюк	86
СВС ФЕРРОСПЛАВА ИЗ ВОЛЬФРАМИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ПОД ДАВЛЕНИЕМ Н.Ю. Головченко, Г.И. Ксандопуло, О.С. Байракова, С.Х. Акназаров	92
МЕХАНОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ СВС-СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КВАРЦА З.А. Мансуров, Н.Н. Мофа	100
МЕХАНОАКТИВАЦИЯ И СВС ТРУДНО ИЗВЛЕКАЕМЫХ МЕТАЛЛОВ О.С. Байракова, О.Ю. Головченко, С.Х. Акназаров	114
ПЛАЗМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОАСПЕКТНЫХ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И.И. Амиров	125
ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТОПЛИВ В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко	131
МОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНООБЪЕКТОВ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕ А.Б. Гильман, М.Ю. Яблоков	136
ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПЛЕНОК НЕКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ О.Ю. Приходько, А.П. Рягузов, С.Я. Максимова, Е.А. Дайнеко, Н.Ж. Алмасов, Н.К. Манабаев	143
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПЛАЗМЕННОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В.В. Савчин, А.Л. Моссэ	151
Правила для авторов	157

ПОЛУЧЕНИЕ ФЕРРОСПЛАВА ИЗ ВОЛЬФРАМИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Н.Ю. Головченко¹, Г.И. Ксандопуло², О.С. Байракова², С.Х. Акназаров^{1,2}

¹КазНУ им. аль-Фараби, ²Институт проблем горения,
Казахстан, Алматы, Казыбек би 172, teya86@mail.ru

Аннотация

В зависимости от назначения, состава и свойства получаемых продуктов, температура алюминотермических процессов меняется в широких пределах. Оптимальные условия подбираются для каждого конкретного процесса. Одним из важных практических вопросов является влияние температуры и внешнего давления на извлечение восстанавливаемых элементов в слиток. В работе определены концентрационные и скоростные пределы горения системы $\text{WO}_3\text{-Al}$. Установлены пределы горения системы ($4,3 - 19,1 \text{ г}/\text{см}^3$) при разбавлении от 10 до 300% балластом. Исследованы факторы, влияющие на скорость горения шихты из вольфрамитового концентрата. Исследовано влияние избыточного давления на показатели плавки при получении ферровольфрама из различного сырья. Определены режимы подготовки исходного сырья к процессу плавки и установлены параметры проведения процесса получения ферровольфрама под давлением. Показано, что избыточное давление не сдвигает равновесие реакции восстановления вольфрама, лишь подавляет разброс реагирующей смеси и предотвращает унос реагирующей смеси, что способствует увеличению выхода сплава.

Введение

Один из важных практических и теоретических вопросов - влияние температуры и внешнего давления при извлечении восстановленных элементов в слиток.

В связи с особенностями алюминотермического горения оксидов, когда температура горения превышает температуру кипения алюминия происходит взрывообразный процесс. Таким образом происходит разбрзгивание реагирующего соединения и потеря металла за счет испарения. Увеличение давления вводится в систему для увеличения скорости реакции, которая важна при получении ферровольфрама из сырья с низкими содержанием оксида вольфрама.

Выбор оптимальных условий

Для проведения работы по получению ферровольфрама проводилось исследование используемого сырья на возможность применения его проведения процесса в самопроизвольном режиме. СВС сырье анализировалось на количественное содержание оксидов, которое позволило бы провести алюминотермическое получение ферровольфрама требуемого состава. Анализ на количественное содержание компонентов проводился методом РСА.

Состав вольфрамита: $\text{WO}_3 - 65 \%$; $\text{FeO} - 16,77 \%$; $\text{MnO} - 78 \%$; $\text{SiO}_2 - 1,6 \%$; $\text{CO} - 0,12 \%$; $\text{Sn} - 0,12 \%$; $\text{MoO}_3 - 1,08 \%$; $\text{S} - 1,9-2,4 \%$.

Состав сырья с низким содержанием вольфрамита, %: $\text{W} - 20,39$; $\text{Cu} - 0,19$; $\text{Co} - 2,64$; $\text{Fe} - 1,68$; $\text{Ti} - 1,05$; $\text{Ca} - 0,45$; $\text{K} - 0,038$; $\text{Si} - 26,34$; $\text{S} - 0,065$; $\text{Al} - 1,44$; $\text{Mg} - 0,24$.

Рентгенофазовый анализ вольфрамита показал, что основной фазой является вольфрамит ($\text{FeMn})\text{WO}_4$).

Рентгенофазовый анализ бедного вольфрамсодержащего сырья - основные фазы WO_3 и SiO_2 в виде кристобалита.

В качестве вторичного вольфрамового сырья использовался вольфрамовый лом и отходы электролампового производства (смесь вольфрамово-молибденовой проволоки).

В лабораторных исследованиях часто используется линейная скорость V_h , см/с, горения экзотермических составов, определяемая как отношение высоты столба шихты h к времени горения состава. Метод измерения линейной скорости очень прост - фиксируется время от запала шихты до начала резкого отклонения в показании термопары, установленной на дне тигля [1] и не требует сложных расчетов:

$$V_h = h/\tau \quad (1)$$

Для оценки скорости алюминотермического и других металлотермических процессов в промышленных масштабах удобнее заменить поверхностный секундный расход величиной V . Для стехиометрических систем с температурой горения 2460°C и выше при атмосферном давлении, согласно [2], процесс протекает взрывообразно. Это происходит за счет того, что в системе создается избыточное давление в результате испарения алюминия и образования низших летучих оксидов алюминия (AlO , AlO_2), сублимации оксидов марганца и вольфрама [3].

С целью снижения потерь металла и извлечения его в сплав, в работе была проведена серия экспериментов по выявлению возникающего избыточного давления при горении шихты на основе вольфрамитового концентрата.

Для проведения экспериментов использовался вольфрамитовый концентрат двух видов. Анализ сырья проводился методом РСА. Состав вольфрамита, %:

а) WO_3 – 65 %, FeO – 16,47, MnO – 7,8, SiO_2 – 1,6, CuO – 0,12, Sn – 0,08, MoO_3 – 1,09;

б) WO_3 – 58 %, FeO – 21,2, MnO – 7,1, SiO_2 – 1,7, CuO – 0,12, Sn – 0,2, MoO_3 – 1,09, Bi – 0,02.

На основании состава сырья проводился расчет состава шихты для получения ферровольфрама с содержанием вольфрама 70 %.

В данной работе шихта рассчитывалась на 1 кг вольфрамита основываясь на анализе состава концентрата. Расчет алюминия проводился по всем оксидам. Пример расчета количества алюминия для реакции восстановления триоксида вольфрама для концентрата «б» на 1 кг концентрата.

$$1000 \cdot 0,58 \cdot 54/232 = 135 \text{ г}$$

Общее количество алюминия 250 г. Из 1 кг вольфрамита выплавится $(1000 \cdot 0,58 \cdot 183/232) 457,5$ г вольфрама, 163 г железа, 37,9 г марганца, 7,1 кремния. Процентное содержание вольфрама будет 69 %. Расчетное количество алюминия для концентрата на 1 кг 226 г. Количество железа, которое необходимо добавить в шихту для получения ферровольфрама с

содержанием 70 % вольфрама, согласно выполненным расчетам – 40 г. Количество флюсующих добавок берется из расчета 15 % от количества алюминия. Имея расчетный состав шихты и концентрата, по справочным данным теплот образование реакций, рассчитывалась удельная теплота процесса. Для концентрата с содержанием оксида вольфрама 65 % удельная теплота рассчитана в предыдущих этапах работы, и составляет 140,9 кДж/г · атом. Температура процесса 3104 К. Для оксидов группы W, Mo, V и др. определяется по формуле:

$$T_{np} = 11,6 \cdot \delta' H + 1400 \quad (2)$$

Для проведения расчета по этой формуле необходимо количество шихты перевести в грамм-атомы. Общее количество грамм-атомов 4,95.

$$\delta H' = 2473 : 18,3 = 135,14 \text{ кДж/г · атом}$$

$$T_{np} = 11,6 \cdot \delta H' + 1400 = 2967 \text{ К}$$

Такая температура достаточна для проведения процесса, т.к. выше температуры плавления всех оксидов, присутствующих в шихте.

Исследование влияния гранулометрического состава на процесс алюминотермического восстановления

Чтобы получать высокий выход металла при внепечной плавке, необходимо тщательно подбирать шихтовые материалы по крупности для обеспечения наиболее полного протекания восстановительных реакций. Степень измельчения шихтовых материалов служит одним из важнейших факторов, определяющих показатели внепечной плавки. Размер оксидов средней восстанавливаемости, имеющих, как правило, низкую температуру плавления, не должен превышать 5 мкм. Размер алюминиевого порошка выбирается в зависимости от крупности оксидов и условий проведения процесса.

Для определения влияния крупности шихтовых материалов на выход сплава ферровольфрама использовался концентрат с содержанием оксида вольфрама 58 % и алюминиевый порошок. Оба компонента имеют неоднородную крупность. Порошки рассевались на ситах 100, 300, 400 и 500 мкм. Затем готовилась шихта из порошков одинаковых и разных размеров. Во всех экспериментах выход сплава был максимальным в случае одинаковой круп-

ности вольфрамита и алюминия. Применяемые в работе порошок алюминия и вольфрамитовый концентрат имеют очень неоднородную крупность и близки по гранулометрическому составу. В них присутствуют частицы алюминия и вольфрама от 100 до 500 мкм, триоксид железа и плавиковый шпат 100 мкм. Выбор железосодержащего компонента в составе сплава зависит от содержания оксида железа в составе вольфрамитового концентрата. Если его количество при расчете требуемого соотношения сплава достаточно, то дополнительное количество железа не вводится в состав шихты. Железосодержащий компонент шихты может вводиться в состав шихты в виде оксида железа или в виде железной стружки. Выбор зависит от термичности получаемой шихты. Оксид железа в смеси с алюминием служит дополнительным источником тепла, а железная стружка выступает как балласт и требует расхода тепла на ее плавление. При использовании концентрата «б» введение дополнительного количества железа в шихту не требуется,

расчет содержащегося оксида железа в концентрате достаточно для получения сплава требуемого состава.

Исследование влияния балластирующих добавок на выход сплава и извлечение металла

Для высоко термитных систем горящих с высокими скоростями и разбросом, важно привести их течение в более спокойный режим и тем снизить потери металла. Снижение скорости процесса и температуры можно введением в шихту балластных добавок. Количество балластирующей добавки подбирается для каждого конкретного состава шихты.

В качестве балластирующей добавки использовался оксид алюминия и молотый шлак предыдущих плавок. Эксперименты проводились с шихтой из концентратов с различным содержанием триоксида вольфрама (рисунок 1).

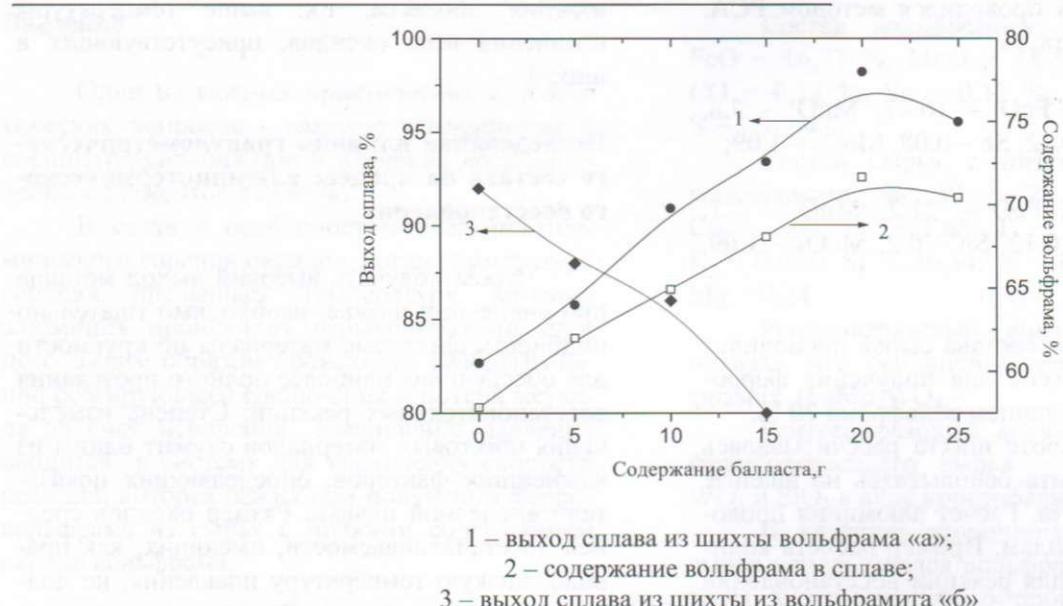


Рис.1 – Влияние количества балластирующей добавки на выход сплава и содержание вольфрама в сплаве

Приведенные данные на рисунке 1 наглядно показывают положительное влияние балластирующей добавки для шихты из концентрата с содержанием оксида вольфрама в 65 %. С увеличением добавки до определенной величины, для навески концентрата 300 г, оптимальное количество балласта вольфрамита «а» - 20 г, когда и выход сплава

содержание вольфрама в сплаве наивысшее. Вводить балласт в шихту из концентрата «б» нет необходимости.

Подбор оптимальных параметров процесса под давлением

Влияние внешнего давления на скоп-

рость распространения фронта реакции для высокозернистых алюминотермических сталей отмечалось различными авторами [2-4].

Горение системы $\text{WO}_3 + \text{Al}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}$ сопровождается бурным течением процесса с разбросом реагирующих реагентов. Для давления разброса и снижения потерь основного элемента сплава проводились эксперименты по выявлению влияния избыточного давления на выход сплава и извлечение вольфрама.

Для этого использовались тигли, обеспечивающие сохранение возникающего давления. Для проведения лабораторных экспериментов использовались тигля объемом 2,5 л.

Основываясь на расчете состава шихты, проведенных экспериментах о выявлении балластирующих добавок на выход сплава была использована шихта из вольфрамитового концентрата с содержанием $\text{WO}_3 - 65\%$.

Состав шихты в проводимых экспериментах, %:

Вольфрамитовый концентрат	– 73,2
Стружка железная	– 3,0
Алюминий	– 16,6
Балласт	– 4,8
Плавиковый шпат	– 2,4.

Таблица 1 – Влияние давления на показатели плавки

№	Вес шихты, г	Давление, атм	Выход сплава			Извлечение вольфрама, %
			Расчетный, г	Прак. вес сплава, г	Выход от расчет., %	
1	1365	н.у.	697,7	615,4	88,2	89
2	1365	1	697,7	626,8	89,8	90
3	1365	2	697,7	627,9	90,0	91,8
4	1365	3	697,7	640,0	91,8	92,8
5	1365	5	697,7	676,8	97,0	98,0
6	1365	7	697,7	683,7	98,0	98,5
7	2047,5	9	1046,5	1021,0	97,6	98,0
8	2047,5	12	1046,5	1020,5	97,4	98,0
9	2047,5	13	1046,5	1020,1	97,5	98,2
10	2047,5	14	1046,5	1021,0	97,6	98,7

До определенного значения рост давления благоприятным образом сказывается на выходе сплава и извлечении давления. Эта величина равна 5-7 атм, дальнейшее увеличение давления приводит к снижению выхода, что вероятно связано с изменением скорости процесса в сторону понижения.

При проведении экспериментов фиксировалось также время горения шихты в зави-

симости от возникающего избыточного давления. При проведении предварительных экспериментов по получению различных величин давления было установлено, что величина возникающего избыточного давления зависит не только от состава реагирующей смеси, но также и от масштабного фактора. Чем больше навеска реагирующей смеси, тем большее давление в одном и том же объеме. Для получения разной величины давления использовались навески шихты, г: 418, 703, 836, 1365, 2047,5.

Тщательно перемешанные компоненты шихты, при небольшом весе, засыпались в керамический необожженный реактор и помещались в тигель. При навеске шихты 1365 г ее засыпали прямо в тигель, на дно которого засыпался шлак. При малых количествах шихты, для уменьшения объема тигля, в него так же засыпался молотый шлак. Поджег шихты производился никромовой спиралью электроимпульсом. Давление менялось от нормального до 13 атм.

Результаты экспериментов, которые приведены в таблице 1 иллюстрируют влияние возникающего избыточного давления на показатели процесса.

Вес всех образцов давление было одинаково до 5 атм. Для получения более высокого давления вес образцов увеличивался.

С увеличением давления до давления 7 атм. время горения уменьшалось, при более высоком давлении до 13 атм скорость процесса снижалась, а при давлении 13 атм снова происходит некоторое повышение скорости горения, но столь высокий рост давления не желателен из-за усиления опасности проведения процесса в таком режиме.

Используя результаты экспериментальных данных о влиянии балластирующих добавок и влиянии давления, определены оптимальные условия проведения алюминотермического получения ферровольфрама из концентратов, с содержанием WO_3 – 65 %, балласт – 4,8 от общего состава шихты (обычно балласт считается на количество алюминия и составляет в данном случае 28,8 %), давление 5-7 атм. По данным параметрам были приведены контрольные плавки.

Таблица 2- Состав ферровольфрама из вольфрамитового концентрата по результатам PCA, %

№	W	Mn	Fe	Ni	Cu	Sn	S	Al
1	74.42	0.9	13.97	0.11	0.3	0.09	0.07	6.14
2	74.84	0.6	11.91	0.16	0.28	0.08	0.06	5.78
3	70.58	0.7	16.71	0.14	0.4	0.1	0.07	5.8
4	74.28	0.8	14.20	0.14	0.49	0.08	0.07	6.0

Таблица 3- Состав шлака, %

№	W	Fe	Si	Mn	Ti	Sn	Al	Ca	O
1	0.25	2.8	1.9	8.1	1.6	0.19	35.0	5.5	44.19
2	0.21	2.7	1.9	7.5	1.7	0.18	34.96	5.6	44.95
3	0.7	2.3	1.8	7.2	1.8	0.17	33.9	5.1	44.52
4	0.25	2.3	1.9	7.4	1.7	0.17	34.6	5.5	44.21

Влияние количества восстановителя на скорость проплавления шихты

Для определения скорости горения готовились образцы с разным содержанием алюминия- от минус 10 % до 300 % от стехиометрического соотношения. Данные проведенных экспериментов в таблице 4. Здесь же даны результаты по определению плотности полученного металла. Величина плотности металла является важной характеристикой процесса, поскольку она косвенным образом характеризует состав металлической фазы: чем ближе ее значение к плотности вольфрама, тем меньше содержится примесей в сплаве. Из таблицы 4 и рисунка 2 видно, что при стехиометрическом содержании алюминия скорость горения достигает максимальной величины. При этом реакция идет взрывообразно, с разбросом расплава.

При дальнейшем увеличении алюминия скорость падает и процесс приобретает более спокойный характер. При скорости горения 3,8–4,2 г/см²·с продукты реакции представляют собой, спек без фазоразделения. В ин-

тервалах отклонения от стехиометрии (-10) – (+100) скорость горения снижается в пределах 10 %. При 150 % она снижается почти в 3 раза, а при 300 % в четыре. При этом плотность сплава имеет свою максимальную величину 19,1 г/см³ при избытке алюминия на 20 %. При дальнейшем увеличении алюминия плотность сплава уменьшается. Особенно наглядно влияние алюминия в качестве балластной добавки на параметры процесса горения представлено на рисунке 2.

Для кривой, характеризующей изменение плотности (■), наблюдается острый максимум, свидетельствующий о существовании оптимального значения отклонения содержания добавки от стехиометрического соотношения, превышение которого неблагоприятным образом скажется на качестве получаемого продукта реакции. Для скорости горения (○) граничные условия содержания балластных добавок менее жесткие, однако, для согласования полученных результатов введение алюминия в качестве балластной добавки рационально в количестве от 10 до 20%.

Таблица 4 – Скорость горения триоксида вольфрама

№	Шихта, г.		Превышение количества Al над стехометр. концентр., %	Скорость горения, г/см ² ·с	Плотность сплава, г/см ³
	Триоксид вольфрама	Алюминий			
1	250	52,2	-10	16,3	18,8
2	250	58,0	0	18,1	18,9
3	250	63,8	10	17,7	19,0
4	250	69,6	20	17,4	19,1
5	250	87,0	50	16,8	18,9
6	250	116	100	16,1	-
7	250	145	150	6,9	-
8	250	232	300	4,0	-

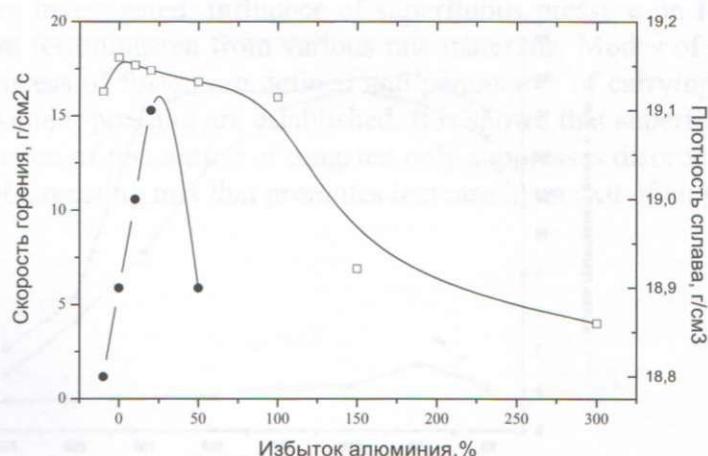


Рис.2 – Зависимость скорости горения и плотности сплава от избытка алюминия

При этом скорость горения 17,4 г/см²·с и плотность металлической фазы 19,1 г/см³, что в наибольшей степени соответствует чистому вольфраму (19,3-19,6 г/см³).

На основе полученных результатов процесса горения триоксида вольфрама с алюминием исследовалась возможность получения ферровольфрама из вольфрамитового концентрата.

Используемое сырьё для получения ферровольфрама представляет собой неmonoоксид вольфрама, а смесь оксидов (WO₃; Fe₂O₃; MnO и др.).

Для определения скорости горения шихты, вначале определялась скорость горения основных оксидов, содержащихся в концентрате – оксида вольфрама и триоксида железа – в зависимости от количества восстановителя; и смесь WO₃ с Fe₂O₃ в соотношении, необходимом для получения ФВ-70.

В необожжённые керамические реакторы объёмом 250 мл засыпалась шихта. Одна термопара размещалась на поверхности шихты, вторая на дне реактора.

Поджиг производился никромовой спиралью, электроимпульсом через лабораторный латр.

Начало и конец горения определялось отклонением показания термопар, показания которых фиксируется шлейфовым осциллографом марки НО114М.

Характер изменения скорости процессов алюмотермического восстановления оксидов вольфрама и железа в зависимости от концентрации алюминия в реакционной смеси систем описывается кривыми с хорошо выраженным максимумом.

Эти эксперименты дают возможность сделать выводы о кинетике алюмотермического процесса оксидов вольфрама и железа и их смеси.

Скорость процессов взаимодействия оксидов с алюминием в зависимости от концентрации алюминия подразделяется на две области – кинетическую (восходящая ветвь кривой); область собственно химической кинетики, взаимодействие в которой обусловлено реакциями на поверхности конденсиро-

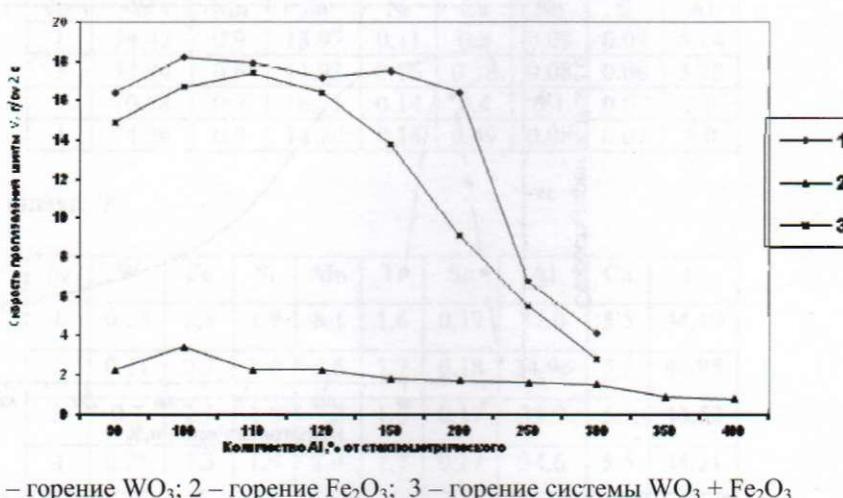
ванных фаз с участием газовой фазы) и диффузионную (нисходящая ветвь кривой), где участвует только жидккая фаза благодаря избыточному количеству металла-восстановителя и расплавления оксидов.

Кинетика этих процессов определяется в основном явлением диффузий в сложных сплавах.

Как отмечает Костфард [6], жидкие оксиды, по-видимому, не являются эффективным барьером для диффузии, а её скорость очень велика по сравнению с диффузией в твердых телах.

В процессах, протекающих без заметного, или с незначительным образованием паровой фазы, максимум скорости при стехиометрическом составе реакционных смесей или близкого к нему рисунок 3.

Для скорости горения граничные условия содержание балластных добавок, в качестве которых выступает алюминий, колеблются в широких пределах, но для получения металла и сплава рационально введение алюминия в качестве балласта от 10 до 20%. При этом скорость горения WO_3 – 17,2 – 17,9 $\text{г}/\text{см}^2 \cdot \text{сек.}$, для Fe_2O_3 – 2,0 – 2,25 $\text{г}/\text{см}^2 \cdot \text{сек.}$



1 – горение WO_3 ; 2 – горение Fe_2O_3 ; 3 – горение системы $\text{WO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$

Рис.3 – Зависимость скорости горения шихты от количества алюминия

Выводы

- Определены концентрационные и скоростные пределы горения системы $\text{WO}_3\text{-Al}$. Установлены пределы горения системы ($4,3 - 19,1 \text{ г}/\text{см}^3$) при разбавлении от 10 до 300% балластом.

- Исследованы факторы, влияющие на скорость горения шихты из вольфрамитового концентрата.

- Исследовано влияние избыточного давления на показатели плавки при получении ферровольфрама из различного сырья.

- Отработаны режимы подготовки исходного сырья к процессу плавки.

- Отработаны параметры проведения процесса получения ферровольфрама под давлением.

- Установлено, что избыточное давление не сдвигает равновесие реакции восстановления вольфрама, лишь подавляет раз-

брос реагирующей смеси и предотвращает унос реагирующей смеси, что способствует увеличению выхода сплава.

Литература

1 Плинер Ю.Л., Игнатенко Г.Ф., Рубинштейн Е.А. Металлотермия. Труды Ключевского завода ферросплавов. М.: Металлургия, 1965, Вып. 2, С. 27-35.

2 Grump, I. Prentice, K. Kralutle. Gemb. Sci. And Tecnih, 1969, 1.205.

3 Максимов Э.П. и др. Физика горения и взрыва, №4, (1965).

4 Самсонов Г.В., Частяков Ю.Л. Металлотермические методы в химии и металлургии. – М.: Успехи химии, 1956.

5 Беляев А.Ф., Комкова Л.Д. // ЖФХ. 1950. – Т.34, - Вып.11. – С. 1302-1311.

Дата поступления 17 апреля 2011 г.

GETTING OF FERRO ALLOY FROM TUNGSTEN CONCENTRATE UNDER PRESSURE**N. Yu. Golovchenko¹, G.I. Ksandopulo², O.S. Bairakova², S.Kh. Aknazarov^{1,2}**¹Al-Farabi Kazakh National University, ²Combustion Problems Institute,
Almaty, 172, Kazybek bi str., teya86@mail.ru**Abstract**

The temperature of aluminothermic processes changes largely depending on appointment, structure and property of received products. Optimum conditions steal up for each concrete process. One of important practical questions is influence of temperature and external pressure upon extraction of restored elements in an ingot. In work concentration and high-speed limits of burning of system $\text{WO}_3\text{-Al}$ are defined. Limits of burning of system ($4,3 - 19,1 \text{ g/sm}^3$) are established at dilute from 10 to 300 % by a ballast. The factors influencing for speed of burning mixture from tungsten concentrate are investigated. Influence of superfluous pressure on fusion indicators is investigated at reception ferrotungsten from various raw materials. Modes of preparation of initial raw materials to process of fusion are defined and parametres of carrying out of process of reception ferrotungsten under pressure are established. It is shown that superfluous pressure does not shift balance of reaction of restoration of tungsten only suppresses disorder of a reacting mix and prevents ablation of a reacting mix that promotes increase in an exit of an alloy.