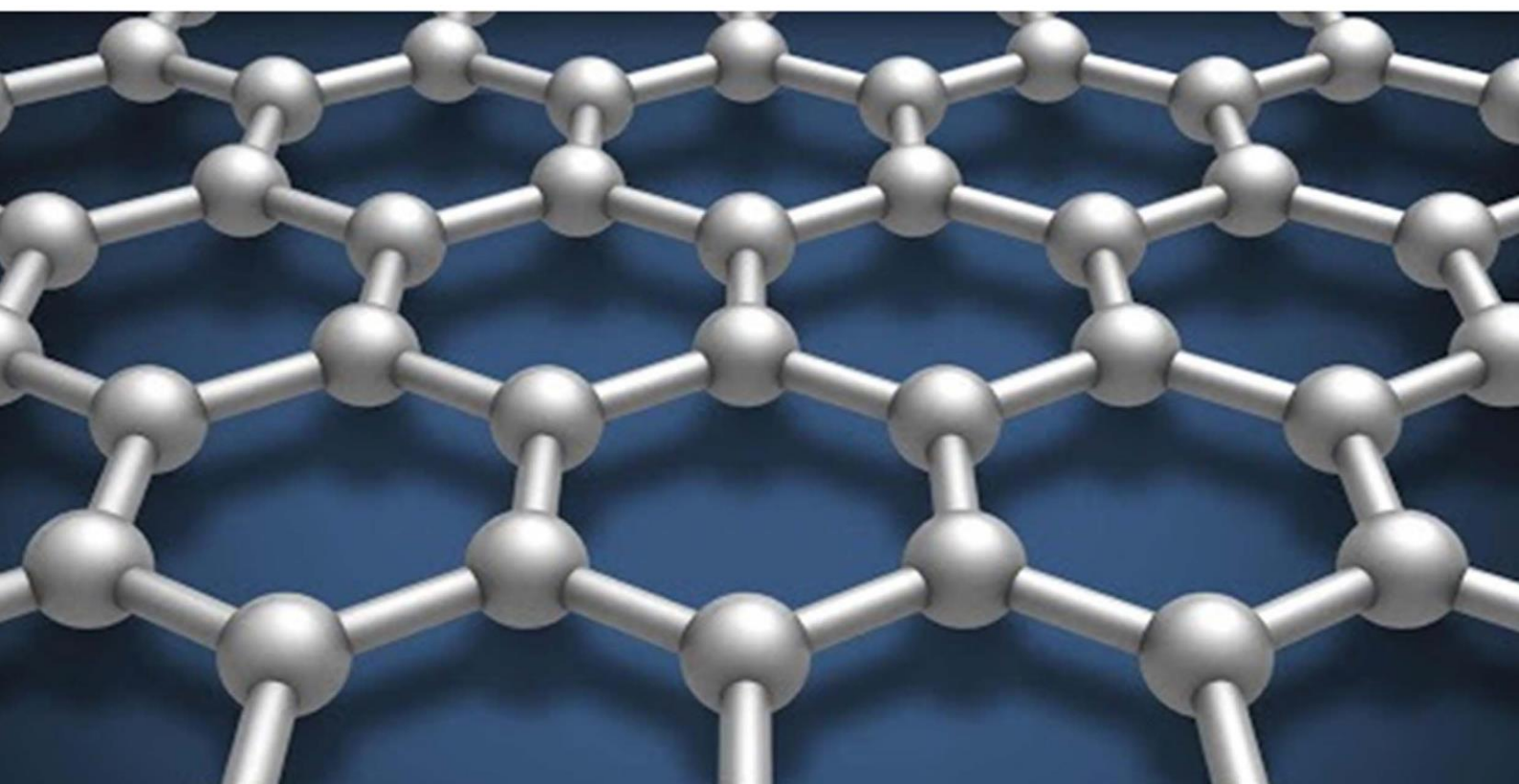


O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ В МЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛИНКЕРА

Очилдиев К.Т., Мухаметджанова Ш.А., Маткаримов С.Т., Маткаримова Н.С., Носирхужаев С.К., Нуралиев О.У., Исмоилов Ж.Б., Акрамов У.А., Чориев Х.И., Тухтамуродов Ф.Б.

Аннотация. В статье приведены исследования по разработке технологии восстановления медного конверторного шлака с термодинамической точки зрения. Исследования проводились с применением восстановительных компонентов в виде углерода и металлического железа, находящиеся в составе клинкера, который на сегодняшний день является эффективным техногенным отходом цинкового завода АО «Алмалыкский ГМК». По результатам исследования было определено, что повышение температуры приводит к увеличению скорости восстановительных реакций с участием твердого углерода, снижению скорости восстановительных реакций с металлотермическим и угарным газом. Кроме того, удалось определить, что начальная температура шлака 1100 - 1200°C достаточна для восстановления основного вредного компонента – магнетита, который способствует потери меди со шлаками.

Ключевые слова: термодинамика, химические реакции, конвертер, клинкер, шлак, восстановление, оксид, металл.

Введение. Техногенные отходы клинкера, образующиеся на последнем этапе производства цинка, содержат соединения меди, свинца, цинка, железа и др. Но только углерод, оставшийся от кокса, и железо, восстановленное до металлического состояния в процессе вельцевания, обладают сильным восстановительным свойством. При смешивании жидкого конверторного шлака и клинкера цинкового производства при высокой температуре восстанавливают магнетит и соединения окисленной меди, содержащиеся в конвертерном шлаке, в виде металлического железа и остаточного вюстита. Подробное изучение данной области помогает найти решение при реализации задач по переработке медных шлаков, обеспечивающее увеличение производительности агрегата и показателей качества получаемой продукции, а также в разработке энергоэффективных технологий [1,2].

В связи с чем, в качестве цели данного исследования было определено изучение основных восстановительных химических реакций, протекающих в конвертерном шлаке и клинкерной системе, на процессы, происходящие в присутствии углерода и металлического железа. Стандартные термодинамические значения веществ, участвующих в химических реакциях, происходящих в шлаке конвертера и клинкерной системе, определены из приложения, приведенного в литературе [3,4], и эти стандартные значения представлены в таблице 1.

1-таблица

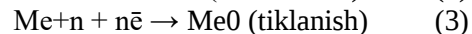
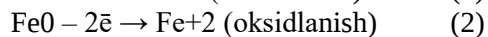
Термодинамические значения веществ при стандартных условиях (298 К)

Вещество	ΔH_{298} , kJ/mol	ΔG_{298} , kJ/mol	ΔS_{298} , J/(mol·K)
Cu ₂ O	-173,2	-150,6	92,9
Fe ₃ O ₄	-822,2	-740,32	87,4
FeO	-265	-244	60,8
Fe ₂ SiO ₄	-1477,8	-1377,0	145,2
CO	-110,52	-137,14	197,54
CO ₂	-393,51	-394,38	213,67
Cu	0	0	33,1
Fe	0	0	27,15
C	0	0	5,74

Описание механизма взаимодействия шлака конвертера и клинкера. Окислительно-восстановительные реакции могут протекать с применением различных механизмов как в гетерогенных, так и в гомогенных фазах. Во многих случаях начальная стадия реакции возникает при передаче электронов на пограничных поверхностях [5]. Процесс окисления обычно продолжается в области с наибольшей электронной плотностью, а восстановление - в областях с минимальной электронной плотностью. Из-за высокой относительной электромагнитности кислорода в оксидах шлака валентные электроны на внешнем слое атомов металлов смещаются в сторону атомов кислорода. В результате электронная плотность повышается на кислородной стороне, образуя отрицательную поляризацию. Поскольку атомы металлов выбрасываются валентными электронами, происходит дисбаланс между количеством электронов, соответствующих количеству протонов в атомном ядре. Поскольку атомы

металлов выбрасываются валентными электронами, происходит дисбаланс между количеством электронов, соответствующих количеству протонов в атомном ядре. Поскольку количество электронов, находящихся на орбите атома металла, меньше, чем количество протонов в его ядре, этот атом металла будет иметь положительный полюс. В результате уменьшается электронная плотность в области атомов металлов [6].

Были изучены окислительно-восстановительные реакции, протекающие в жидком конвертерном шлаке и клинкерной системе, на реакции карботермического и металлотермического восстановления [7]. Разработан механизм, при котором карботермический процесс происходит за счет углерода, а металлотермический - за счет металлического железа. По механизму возникновения карботермических и металлотермических реакций первоначально восстановители (углерод, железо) и шлаковые материалы должны выполнять определенную работу с повышением внутренней энергии каждого компонента системы с подачей энергии активации в контактных границах [8]. При этом повышается уровень беспорядка в частицах восстанавливающего вещества и оксидных соединений (т.е. повышается энтропия системы), и электроны в нейтральном атоме углерода по законам электростатического тяготения начинают вытягиваться на сторону ионов металлов, имеющих относительно положительный полюс (или положительную степень окисления). В результате на реакционной поверхности оксидного слоя начинают адсорбироваться электроны в атомах углерода и металлического железа, образуя двойной электрический слой, который может существовать лишь в нескольких долях секунды [9]. На следующем этапе механизма карботермического и металлотермического восстановления электроны, передаваемые углеродом и металлическим железом, принимаются атомом положительного металла и переходят на нейтральный или нижний уровень окисления в зависимости от потенциала окисления, то есть восстанавливаются. А углеродные и железные частицы, передающие электроны, имеют положительную степень окисления, связываются с кислородом с отрицательной степенью окисления, то есть окисляются. Электронный баланс окислительно-восстановительных реакций, происходящих в процессе восстановления оксидов металлов с различным валентным углеродом и металлическим железом, можно записать следующим образом:

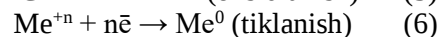
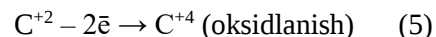


где, Me - одновалентные ионы медного металла в сочетании с трехвалентным железом в магнетите и окисленной медью.

Продукты реакции, образовавшиеся на последующей стадии металлотермического и карботермического восстановления, покидают реакционную зону. При этом окисленные атомы углерода соединяются с кислородом, образуя углекислый газ (CO), который покидает реакционную поверхность из-за повышенной энтропии и низкой плотности:

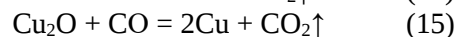
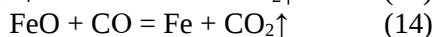
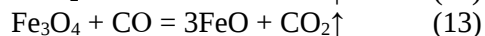
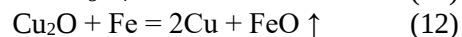
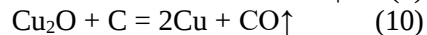
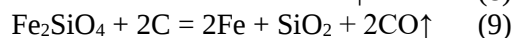
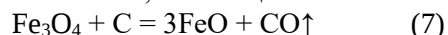


На следующем этапе процесса металлотермической и карботермической регенерации молекулы углекислого газа при движении из капиллярных трещин внутри сырьевых материалов вновь подвергаются воздействию оксидов металлов, еще не восстановленных из-за присутствия в них возвратного свойства, и окисляются до диоксида углерода (CO₂). При этом молекулы угарного газа сначала хемосорбируются на поверхности оксидов металлов, а затем полностью покидают реакционную зону в виде CO₂. Электронный баланс процесса восстановления угарным газом в целом можно представить следующим образом:



В зависимости от скорости протекания химических реакций, протекающих в процессе металлотермического и карботермического восстановления, можно составить последовательность реакций, происходящих в системе. Для этого необходимо определить, изменяется ли их свободная энергия в пределах нескольких температурных показателей и постоянны ли они в равновесии?

Термодинамический анализ реакций металлотермического и карботермического восстановления, протекающих в системе конвертерного шлака и клинкера. Были составлены окислительно-восстановительные реакции, протекающие между жидким конвертерным шлаком и углеродом и металлическим железом, состоящие из:



Исходя из значений, приведенных в таблице 1, по закону Гесса рассчитаны стандартные значения химических реакций восстановления с углеродом и металлическим железом, и исходя из этого, составлены

соответствующие математические выражения зависимости между тем, как повышение температуры влияет на каждую реакцию восстановления, и они выглядят следующим образом:

№	Химические реакции	Уравнения энергии Гиббса
1.	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{C} = 3\text{FeO} + \text{CO}\uparrow$	$\Delta G_1^T = 211,61 - 0,22801 \cdot T$
2.	$\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}\uparrow$	$\Delta G_2^T = 154,48 - 0,15815 \cdot T$
3.	$\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + 2\text{C} = 2\text{Fe} + \text{SiO}_2 + 2\text{CO}\uparrow$	$\Delta G_3^T = 351,36 - 0,33621 \cdot T$
4.	$\text{Cu}_2\text{O} + \text{C} = 2\text{Cu} + \text{CO}\uparrow$	$\Delta G_4^T = 62,68 - 0,1651 \cdot T$
5.	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Fe} = 4\text{FeO}$	$\Delta G_5^T = -237,8 - 0,12865 \cdot T$
6.	$\text{Cu}_2\text{O} + \text{Fe} = 2\text{Cu} + \text{FeO} \uparrow$	$\Delta G_6^T = -91,8 - 0,00695 \cdot T$
7.	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} = 3\text{FeO} + \text{CO}_2\uparrow$	$\Delta G_7^T = -276,79 - 0,11098 \cdot T$
8.	$\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2\uparrow$	$\Delta G_8^T = -10,99 + 0,01747 \cdot T$
9.	$\text{Cu}_2\text{O} + \text{CO} = 2\text{Cu} + \text{CO}_2\uparrow$	$\Delta G_9^T = -109,79 + 0,01057 \cdot T$

Основываясь на расчетные математические выражения, было установлено, что при повышении температуры на каждые 50 единиц в реакционной системе каждый процесс

восстановления может происходить. Полученные результаты представлены в таблице 2.

2-таблица

Значения энергии Гиббса реакций восстановления при различных температурах, протекающих с участием углерода, кДж/моль

№	T, K	ΔG_1^T	ΔG_2^T	ΔG_3^T	ΔG_4^T	ΔG_5^T	ΔG_6^T	ΔG_7^T	ΔG_8^T	ΔG_9^T
1	323	138,0	103,4	242,8	9,4	-279,4	-94,0	-312,6	-5,3	-106,4
2	373	126,6	95,5	226,0	1,1	-285,8	-94,4	-318,2	-4,5	-105,8
3	423	115,2	87,6	209,1	-7,2	-292,2	-94,7	-323,7	-3,6	-105,3
4	473	103,8	79,7	192,3	-15,4	-298,7	-95,1	-329,3	-2,7	-104,8
5	523	92,4	71,8	175,5	-23,7	-305,1	-95,4	-334,8	-1,9	-104,3
6	573	81,0	63,9	158,7	-31,9	-311,5	-95,8	-340,4	-1,0	-103,7
7	623	69,6	56,0	141,9	-40,2	-317,9	-96,1	-345,9	-0,1	-103,2
8	673	58,2	48,0	125,1	-48,4	-324,4	-96,5	-351,5	0,8	-102,7
9	723	46,8	40,1	108,3	-56,7	-330,8	-96,8	-357,0	1,6	-102,1
10	773	35,4	32,2	91,5	-64,9	-337,2	-97,2	-362,6	2,5	-101,6
11	823	24,0	24,3	74,7	-73,2	-343,7	-97,5	-368,1	3,4	-101,1
12	873	12,6	16,4	57,8	-81,5	-350,1	-97,9	-373,7	4,3	-100,6
13	923	1,2	8,5	41,0	-89,7	-356,5	-98,2	-379,2	5,1	-100,0
14	973	-10,2	0,6	24,2	-98,0	-363,0	-98,6	-384,8	6,0	-99,5
15	1023	-21,6	-7,3	7,4	-106,2	-369,4	-98,9	-390,3	6,9	-99,0
16	1073	-33,0	-15,2	-9,4	-114,5	-375,8	-99,3	-395,9	7,8	-98,4
17	1123	-44,4	-23,1	-26,2	-122,7	-382,3	-99,6	-401,4	8,6	-97,9
18	1173	-55,8	-31,0	-43,0	-131,0	-388,7	-100,0	-407,0	9,5	-97,4
19	1223	-67,2	-38,9	-59,8	-139,2	-395,1	-100,3	-412,5	10,4	-96,9
20	1273	-78,6	-46,8	-76,6	-147,5	-401,6	-100,6	-418,1	11,2	-96,3
21	1323	-90,0	-54,8	-93,4	-155,7	-408,0	-101,0	-423,6	12,1	-95,8
22	1373	-101,4	-62,7	-110,3	-164,0	-414,4	-101,3	-429,2	13,0	-95,3
23	1423	-112,8	-70,6	-127,1	-172,3	-420,9	-101,7	-434,7	13,9	-94,7
24	1473	-124,2	-78,5	-143,9	-180,5	-427,3	-102,0	-440,3	14,7	-94,2
25	1523	-135,6	-86,4	-160,7	-188,8	-433,7	-102,4	-445,8	15,6	-93,7
26	1573	-147,0	-94,3	-177,5	-197,0	-440,2	-102,7	-451,4	16,5	-93,2

В таблице 2 в интервале температур 323 - 1573 К (50 - 1300°C) представлены соответствующие энергии Гиббса восстановительных химических реакций, протекающих в присутствии углерода, и с

повышением температуры увеличивается вероятность протекания всех эндотермических реакций. Например, в реакции восстановления магнетита в шлаке конвертера (реакция 7) энергия Гиббса при температуре 973 К (700°C),

в реакции восстановления вюстита (реакция 8) энергия Гиббса при температуре 1023 К (750°C), при восстановлении фаялита (реакция 9) энергия Гиббса 1073 К (800°C), карбоновая регенерация куприта (реакция 10) 423 К (150°C), регенерация магнетита с помощью металлического железа в клинкере (реакция 11) энергия Гиббса 298 К (25°C), то есть при стандартных условиях восстановления куприта с помощью металлического железа (реакция 12) при восстановлении магнетита угарным газом (реакция 3) при восстановлении вюстита

угарным газом (реакция 14) значение энергии Гиббса при 323 К (50°C), при восстановлении куприта угарным газом (реакция 15) энергия Гиббса будет отрицательна в стандартных условиях, то есть реакции восстановления оксидов металлов в шлаке начнут протекать при указанных температурах [10]. Эллингемовская диаграмма химических реакций восстановления, протекающих в системе конвертерный шлак и клинкер, изображена на рисунке.

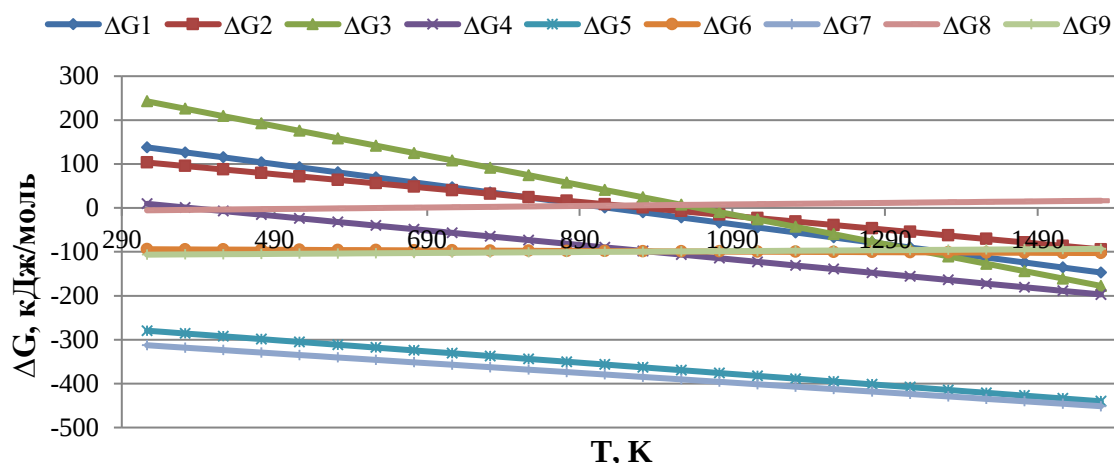


Рис.1 Общая диаграмма Эллингема реакций восстановления, протекающих в системе конвертерный шлак – клинкер

На графике, описанном на рисунке 1, наиболее частыми химическими реакциями между восстановительными химическими реакциями оксидов металлов в шлаке конвертера с восстановительными веществами в составе клинкера являются химические реакции с металлическим железом и угарным газом в составе клинкера, при которых температура жидкого шлака конвертера достаточна для создания условий для реакций с металлическим железом. Однако, несмотря на то, что восстановительные реакции, сопровождающиеся с выделением угарного газа (CO) быстро прогрессируют, но для их

протекания в реакционной системе по механизму реакции сначала должен выделяться угарный газ за счет взаимодействия компонентов конвертерного шлака с твердым углеродом клинкера. При этом реакция 10 служит начальной реакцией при образовании угарного газа.

На основе значений энергии Гиббса в таблице 2 определена константа химического равновесия при заданных температурах для каждой реакции восстановления в клинкере с участием восстанавливающих веществ, и эти значения представлены в таблице 3.

3-таблица

Значения констант равновесия восстановительных реакций с участием восстановительных элементов клинкера при различных температурах

№	T, K	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉
1	323	0,950	0,962	0,914	0,997	1,110	1,036	1,124	1,002	1,040
2	373	0,960	0,970	0,930	1,000	1,097	1,031	1,108	1,001	1,035
3	423	0,968	0,975	0,942	1,002	1,087	1,027	1,096	1,001	1,030
4	473	0,974	0,980	0,952	1,004	1,079	1,024	1,087	1,001	1,027
5	523	0,979	0,984	0,960	1,005	1,073	1,022	1,080	1,000	1,024
6	573	0,983	0,987	0,967	1,007	1,068	1,020	1,074	1,000	1,022
7	623	0,987	0,989	0,973	1,008	1,063	1,019	1,069	1,000	1,020
8	673	0,990	0,991	0,978	1,009	1,060	1,017	1,065	1,000	1,019
9	723	0,992	0,993	0,982	1,009	1,057	1,016	1,061	1,000	1,017

10	773	0,995	0,995	0,986	1,010	1,054	1,015	1,058	1,000	1,016
11	823	0,996	0,996	0,989	1,011	1,052	1,014	1,055	1,000	1,015
12	873	0,998	0,998	0,992	1,011	1,049	1,014	1,053	0,999	1,014
13	923	1,000	0,999	0,995	1,012	1,048	1,013	1,051	0,999	1,013
14	973	1,001	1,000	0,997	1,012	1,046	1,012	1,049	0,999	1,012
15	1023	1,003	1,001	0,999	1,013	1,044	1,012	1,047	0,999	1,012
16	1073	1,004	1,002	1,001	1,013	1,043	1,011	1,045	0,999	1,011
17	1123	1,005	1,002	1,003	1,013	1,042	1,011	1,044	0,999	1,011
18	1173	1,006	1,003	1,004	1,014	1,041	1,010	1,043	0,999	1,010
19	1223	1,007	1,004	1,006	1,014	1,040	1,010	1,041	0,999	1,010
20	1273	1,007	1,004	1,007	1,014	1,039	1,010	1,040	0,999	1,009
21	1323	1,008	1,005	1,009	1,014	1,038	1,009	1,039	0,999	1,009
22	1373	1,009	1,006	1,010	1,014	1,037	1,009	1,038	0,999	1,008
23	1423	1,010	1,006	1,011	1,015	1,036	1,009	1,037	0,999	1,008
24	1473	1,010	1,006	1,012	1,015	1,036	1,008	1,037	0,999	1,008
25	1523	1,011	1,007	1,013	1,015	1,035	1,008	1,036	0,999	1,007
26	1573	1,011	1,007	1,014	1,015	1,034	1,008	1,035	0,999	1,007

Из графика, описывающего значения таблицы 3 в виде гистограмм, показанные на рисунке 2, видно, что при начальной температуре жидкого конвертерного шлака

равной 1473 К (1200°C) константы равновесия всех восстановительных реакций имеют больше значения ($K_M > 1$), то есть это означает, что скорость восстановительных реакций высокая.

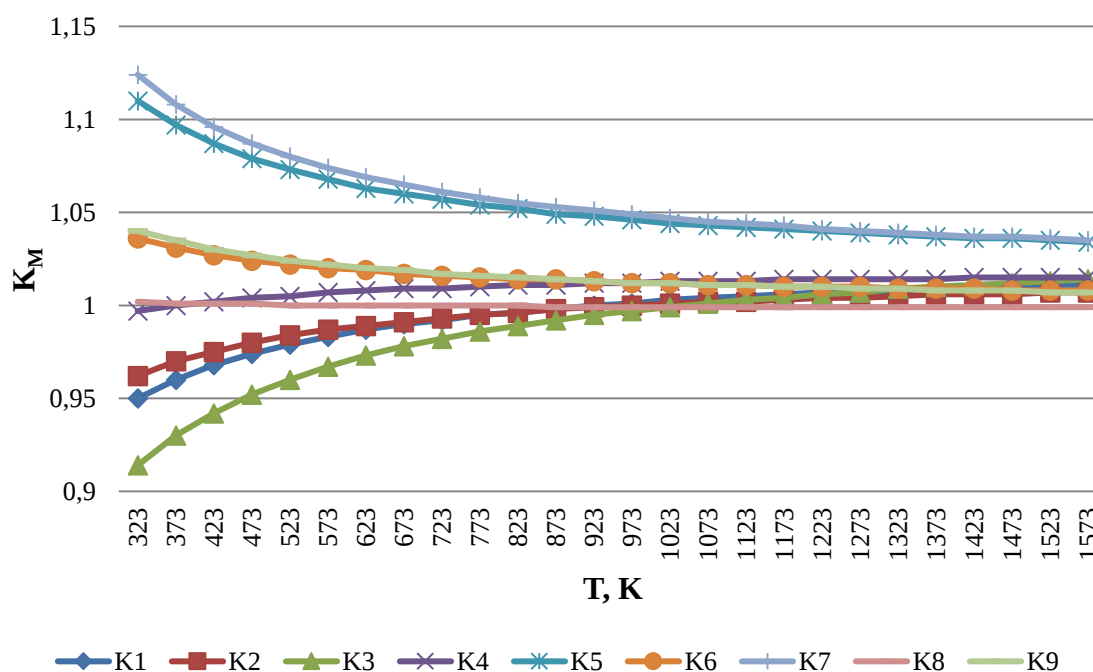


Рис. 2. Зависимость изменения постоянства равновесия в процессе восстановления оксидов углеродом от температуры.

Среди химических реакций, протекающих в процессе восстановления оксидов в шлаках конвертера с участием восстанавливающих веществ в клинкере, наиболее медленными являются химические реакции 6,8,9. Это объясняется сложностью диффузии углекислого газа в раствор жидкого шлака.

Поскольку основными реакциями являются реакция восстановления магнетита, фаялита и оксидов меди твердым углеродом и металлическим железом, то повышение

температуры приводит к повышению скорости реакции и в качестве оптимальной для общих восстановительных реакций выбрана температура 1373-1473 К (1100 - 1200°C), т.е. значение этих температур равных температуре перерабатываемого жидкого конвертерного шлака можно считать оптимальными. [11].

Заключение. При разработке технологии переработки конвертерных шлаков, образующихся при производстве расплавов меди пирометаллургическим методом, с

термодинамической точки зрения разработаны теоретические основы процесса получения шлака оптимального состава путем восстановления оксидов металла в конвертерном шлаке восстановительными элементами, содержащимися в клинкере.

Были созданы химические реакции процессов восстановления оксидов металлов в жидких конвертерных шлаках с участием твердого углерода, металлического железа и углекислого газа и механизм их протекания.

При восстановлении конвертерного шлака цинковыми клинкерами установлено, что повышение температуры приводит к увеличению скорости восстановительных

реакций с участием твердого углерода, снижению скорости восстановительных реакций с металлотермическим и угарным газом.

При обработке цинковыми клинкерами силикатных шлаков, вышедших из процесса конвертирования медного производства, был сделан окончательный вывод, что начальная температура шлака (1100 - 1200°C) достаточна для восстановления основного вредного компонента - магнетита. В результате была предложена разработка простого и логичного механизма процесса сульфирования магнетита технической серой, технология которой изучается авторами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Якубов М.М., Абдукадыров А. А., Мухаметджанова Ш.А., Ёкубов О. М. Вовлечение в производство техногенных образований на предприятии АО «Алмалыкский ГМК» Журнал Цветные металлы №5, 2022г С.36-41
2. Б.Т. Бердияров, С.Т. Маткаримов, Ш.А. Мухметджанова, С.К. Носирходжаев Исследования по усовершенствованию технологии обжига цинковых концентратов на цинковом заводе АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат». Цветные металлы №9 -2024 С.56-62
3. Wang H. et al. Investigation of Solid-State Carbothermal Reduction of Fayalite with and Without Added Metallic Iron // JOM. – 2021. – Т. 73. – №. 2. – С. 703-711.
4. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. – М.: Химия, 1978. 360 с.
5. С.Т. Маткаримов, Б.Т. Бердияров, Ш.А. Мухметджанова Исследование возможности получения железосодержащих сплавов из шлаков медного производства. Цветные металлы №9 -2023 С.31-36.
6. Sultonov Kh.Sh., Berdiyarov B.T., Khojiev Sh.T., Ochildiev K.T. Improvement of the technology for obtaining activated carbon for gold sorption using angren coal // Proceedings of Uzbekistan-Japan International Conference on “Energy-Earth-Environment-Engineering”, Tashkent, November 17, 2022. P. 53.
7. Якубов М.М., Джумаева Х., Мухамеджанова Ш.А. Умаралиев И.С. Исследование возможности применения техногенного сырья при плавке сульфидных медных концентратов в печи Ванюкова в АО «Алмалыкский ГМК» Журнал Цветные металлы № 5 2023 С.14-19.
8. Хожиев Ш.Т. Разработка эффективной технологии извлечения меди из конвертерных шлаков // Journal of Advances in Engineering Technology. – Navoi, 2020. – Vol.1, Issue 1. – P. 50 – 56.
9. Sokhibjon T. Matkarimov, Sardor Q. Nosirkhudjayev, Qakhramon T. Ochildiyev, Oybek U. Nuraliyev, Begzod R. Karimdjonov. Technological Processes of Receiving Metals in The Conditions of Moderate Temperatures // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). Volume-8, Issue-12, October 2019. P. 1826-1829
10. Karimjonov B.R., Matkarimov S.T., Nuraliev O.U., Ochildiev Q.T., Yuldasheva N.S. Technology of integrated processing of steel-melting dusts // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – Москва, 2021. – № 11(92), часть 6. – С. 19-24.
11. Yusupkhodjayev A.A., Valiyev X.R., Ochildiyev Q.T., Matkarimov S.T., Nuraliyev O.U., Jumankulov A.A. Development of Technology of Receiving Quality Raw Materials for Smelting of Steel from Local Iron Ore Fields // IJARSET, Vol. 6, Issue 2, February 2019. P. 8144-8149.

**Очилдиев К.Т.,
Мухаметджанова Ш.А.,
Маткаримов С.Т.,
Носирхужаев С.К.,
Нуралиев О.У.,
Исмоилов Ж.Б.,
Акрамов У.А.,
Чориев Х.И.,
Тухтамуродов Ф. Б.
Маткаримова Н.С.**

PhD. доц. каф «Металлургия» ТашГТУ
PhD. доц. каф «Металлургия» ТашГТУ
DSc, проф. «Металлургия» ТашГТУ
PhD. Зав. каф «Металлургия» ТашГТУ
Ст. преп. каф «Металлургия» ТашГТУ
Докторант каф. «Металлургия» ТашГТУ
ассистент каф «Металлургия» ТашГТУ
ассистент каф «Металлургия» ТашГТУ
ассистент каф «Металлургия» ТашГТУ
Доц. каф. "Химия" Ташкентского химико-технологического Института

СОДЕРЖАНИЕ

1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокмпозитов

Негматов С.С., Тургунов А.А., Абед Н.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Солиев Р.Х. Исследование закономерностей формирования эпоксисилоксановых полимерных материалов для применения в осях бетонных изделий	3
Jo'rayev M.M., Xushvaqto'v S.Y., Xasanova M.A. Yeryong'oq po'stlog'i asosidagi yangi materialning fizik kimyoviy xossalari	6
Жумаева А.А. Модификацияланган базальт билан тўлдирилган ПВХ композицияларини қайта ишлашда уларнинг технологик хоссаларини тадқиқ қилиш ва пластограммалар таҳлили	9
Турабджанов С.М., Кучкарова Н., Юсупова Г., Шамсуддинов Л. Титан (IV) билан КУ-2-8 катионитини модификациялаш шароитларини ва олинган ионитнинг қўлланиш соҳаларини аниқлаш	12
Негматов С.С., Тургунов А.А., Абед Н.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Солиев Р.Х. Исследование взаимосвязи между структурой эпоксисилоксановых полимерных композиций и их важнейшие эксплуатационные свойства	16
Tursunova D.I., Maksumova O.S. Kislotali gidroliz usuli bilan tovuq patidan sintez qilingan oqsilining xromatografik tahlili	19
Usmonova X.X., Eshtursunov D.A., Botirov S.X., Muxamediyev M.G., Bekchanov D.J. Uzoq tartibdagi ta'sirlashuvga asoslangan ion almashinuvchi materiallar yordamida suvli eritmalaridan Cu(II) ionlarini samarali ajratib olish	23
Sherkulova N., Shodiev D., Khamidova I. Great opportunities to increase the range and competitiveness of silk fabrics	25

2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

Эргашев Н.Э., Абед Н.С., Бозорбоев Ш.А., Негматов Ж.Н., Муродов И.И., Абдукаххаров А.А. Исследование физико-механических свойств композиционных полиэтиленовых материалов триботехнического назначения	28
Berdiyev D.M., Abdullayev B.K., Abdullayev A.X., Kuziyev G.Sh. Yeyilishbardosh qoplam qoplash jarayonining termodinamik ko'rsatkichlarini hisoblash	31
Махмадуллаев Ж.О., Джалилов А.Т., Соттикулов Э.С., Соатов С.Ў. Маҳаллий полимер олтингутуртти резина қоришмаларининг реологик хоссаларига бўлган таъсирини ўрганиш	34
Абед Н.С. Исследование влияния минеральных, волокнистых и углеграфитовых наполнителей на физико-механические свойства композиционных полимерных материалов	36
Очилдиев К.Т., Мухаметджанова Ш.А., Маткаримов С.Т., Маткаримова Н.С., Носирхужаев С.К., Нуралиев О.У., Исмоилов Ж.Б., Акрамов У.А., Чориев Х.И., Тухтамуродов Ф.Б. Термодинамические основы процесса восстановления оксидов металлов в медных производственных конвертерных шлаках с применением клинкера	40
Негматов Ж.Н., Абед Н.С., Эргашев Н.Э., Абдукаххаров А.А., Муродов И.И., Бозорбоев Ш.А. Исследование антифрикционно-износостойких композиционных полиэтиленовых материалов применяемых в рабочих органах хлопковых машин и механизмов	46
Абралов М.А., Рауфов Л.М. Повышение износостойкости деталей тяго-дутьевых механизмов нанесением покрытий с переменной твердостью	48
Абед Н.С., Бозорбоев Ш.А., Абдукаххаров А.А., Эргашев Н.Э., Муродов И.И., Негматов Ж.Н. Исследование возникновения температуры и заряда статического электричества в зоне трения при фрикционном взаимодействии композиционных полиэтиленовых материалов с хлопко-сырцом	51
Негматов С.С., Абед Н.С., Сергиенко В.П., Улмасов Т.У., Бухаров С.Н., Туляганова В.С., Рузиева Б.Ю. Экспериментальная оптимизация рецептуры, структуры и размерности компонентов по критерию ослабления звуковой энергии	53
Юнусходжаева Х.М., Юнусходжаева Н.Д., Миртолипова Н.Х. Исследования характеристик утепляющих материалов для проектирования теплозащитной одежды	57
Абдуллаев Ф.К., Тураходжаев Н.Д., Махмудов Ф.М., Тўраев А.Н., Йўлдашев О.Ч., Ахмидова М.Э. Исследования износостойкости высокохромистых чугунов	61
Тилабов Б.К. Технологические процессы изготовления качественных металлопрокатных изделий	64
Turaxodjayev N.D., To'rayev A.N., Murodqosimov R.X., Axmedova M.E., Nurdinov Z.B. Yuqori bosim ostida ADC12 markali alyuminiy qotishmasidan quyib olingan avtomobil detallarining mexanik va mikrostrukturaviy xossalari tadqiqot qilish	68
Эрматов О.С., Холдоров Б.Б., Ражабов Ё.С., Додаев К.О. Получение новых свойств соусов-паст за счёт добавления муки пророщенной крупы маш (<i>Vigna radiata</i>)а	71