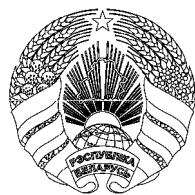


# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 23147

(13) С1

(46) 2020.10.30

(51) МПК

C 04B 35/106 (2006.01)

(54)

## ШИХТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМО-ОГНЕУПОРНОГО МАТЕРИАЛА

(21) Номер заявки: а 20180516

(22) 2018.12.14

(43) 2020.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Шмурадко Валерий Трофимович; Пантелеенко Федор Иванович; Реут Олег Павлович; Руденская Наталья Александровна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) SU 1505914 A1, 1989.

SU 1571035 C1 A1, 1990.

ВУ 13892 С1, 2010.

RU 2007102970 А, 2008.

EA 011907 В1, 2009.

RU 2563261 С1, 2015.

(57)

Шихта для получения керамо-огнеупорного материала, включающая корунд и муллит, отличающаяся тем, что дополнительно содержит ультрадисперсные порошки оксида магния и диоксида титана, а также циркон, бадделеит и диоксид кремния при следующем соотношении компонентов, мас. %:

корунд	22,0-88,3
муллит	5,0-30,0
оксид магния	0,1-5,0
диоксид титана	0,1-3,0
циркон	5,0-20,0
бадделеит	1,0-15,0
диоксид кремния	0,5-5,0.

Изобретение относится к технической керамике и, в частности, к огнеупорным термостойким материалам на основе оксида алюминия и может быть использовано в машиностроении, в керамическом, огнеупорном и металлургическом производствах.

Известен керамический материал [1], включающий, мас. %: 40-60 - алюмосиликатного стекла, 40-60 - корунда, причем стекло состоит из 46,2-55,2 - SiO<sub>2</sub>, 30-41,6 - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 12,4-14,8 - MgO.

Недостатком данного материала является высокое содержание стеклофазы, что обуславливает его низкие значения огнеупорности (< 1350 °С) и коррозионно-эрозионной (химической) устойчивости к агрессивным средам и расплавам металлов и шлаков, невысокой износостойчивости.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому объекту является материал [2], включающий, мас. %: корунд 40-65; глинозем 20-30, при соотношении ГО : ГК как (0,5 : 1) - (1 : 1); муллит 9-20; стеарат кальция 0,5-2,5; глину 5,5-7,5.

ВУ 23147 С1 2020.10.30

# ВУ 23147 С1 2020.10.30

Недостатком данного материала является его низкая термостойкость из-за высокого коэффициента термического линейного расширения - КТЛР,  $\alpha = (6,6-6,7) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , что быстро снижает срок службы таких огнеупоров при термоциклических нагрузках во время службы в металлургических агрегатах.

Задачей изобретения является разработка керамо-огнеупорного материала с повышенными показателями термостойкости, огнеупорности и износостойкости при повышенных температурах.

Решение поставленной задачи достигается тем, что шихта для получения керамо-огнеупорного материала, включающая корунд и муллит, дополнительно содержит ультрадисперсные порошки (УДП) оксида магния и диоксидов титана, а также циркон, бадделеит и диоксид кремния при последующем соотношении компонентов, мас. %: 22,0-88,3 - корунд; 5,0-30,0 - муллит; 0,1-5,0 - оксид магния; 0,1-3,0 - диоксид титана; 5,0-20,0 - циркон; 1,0-15,0 - бадделеит, 0,5-5,0 - диоксид кремния.

Фазовые и количественные составы шихты для получения керамо-огнеупорного материала и показатели его свойств представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Составы шихты для получения керамо-огнеупорного материала**

№ материала	Исходные фазовые составы	Количественные фазовые составы материала, мас. % и № фаз					
		1	2	3*	4*	5	прототип
1	корунд	88,3	75,0	51,0	45,0	22,0	40-65
2	муллит	5,0	10,0	20,0	25,0	35,0	9-20
3	оксид магния	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	-
4	оксид титана	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	-
5	циркон	5,0	9,0	15,0	11,0	20,0	-
6	бадделеит	1,0	4,0	9,0	10,0	15,0	-
7	диоксид кремния	0,5	1,0	3,0	4,0	5,0	-

\* - оптимальные составы.

Таблица 2

**Свойства шихты для получения керамо-огнеупорного материала**

Характеристика материала	№ фазовых составов и показатели их свойств					
	1	2	3*	4*	5	Прототип-аналог
Общая пористость, %	5	7	12	15	21	15,5-18
Относительная плотность, %	95	93	88	84	79	-
Прочность при сжатии, $\sigma_{сж.}$ , МПа	703	688	698	603	581	-
Прочность при изгибе, $\sigma_{изг.}$ , МПа	290	300	303	298	277	-
Модуль упругости, E, ГПа	290	280	227	221	199	-
Трещиностойкость, $K_{Ic}$ , МПа $\times$ м <sup>0,5</sup>	3,6	4,3	4,5	4,2	3,9	аналог 3,4-3,6
Теплопроводность, Вт/м $\cdot$ К, при 20 $^\circ$ С	20,5	18,1	17	16,4	14,3	-

Характеристика материала	№ фазовых составов и показатели их свойств					
	1	2	3*	4*	5	Прототип-аналог
Термостойкость, число водяных теплосмен $R_t$ 1000-вода	16	21	33	30	25	аналог $R_t$ 800-вода - 20-27
ТКЛР, $\alpha \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ при 20-100 $^\circ\text{C}$	8,1	7,7	6,1	5,7	5,4	6,7-6,8
Износостойкость* *, %	0,36	0,33	0,16	0,18	0,4	стойкость к истиранию, % - 0,3-0,4

\*\* - износостойкость определялась по относительной потере массы на машине трения и керамической паре вал-диск.

Основными базовыми фазами исследования, на фазовых и структурных конструкциях которых сформирован керамо-огнеупорный материал с повышенными огнеупорностью, термостойкостью и износостойкостью при повышенных температурах эксплуатации, являются корунд с гексагональной решеткой и муллит с ромбической сингонией при соотношении 72 мас. %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 28 мас. %  $\text{SiO}_2$ ; при содержании в системе ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ )  $\text{Al}_2\text{O}_3$  от 72 до 78 мас. %, что соответствует химической формуле  $\sim 2 \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{SiO}_2$ , муллит образует твердые растворы с корундом; от 78 мас. %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и выше (согласно двойной диаграмме состояния  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ ) формируются твердые растворы муллита с корундом плюс корунд; при содержании в двойной системе  $\text{Al}_2\text{O}_3$  меньше 72 мас. % образуются муллитокремнеземистые (кристобалитовые) твердые растворы.

Согласно вышеизложенной схеме исследования, анализу двухфазовой диаграммы состояния ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ ) и ее изотермических и политермических разрезов, а также анализу функционального назначения и влияния твердых растворов ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ - $\text{SiO}_2$ ) на свойства материалов, сформированы оптимальные фазовые составы композиционной керамо-огнеупорной шихты (3\* и 4\*) из порошков  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -3  $\text{Al}_2\text{O}_3 \times 2 \text{SiO}_2 + (\text{MgO-TiO}_2\text{-ZrSiO}_4\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2)$ , которые приведены в табл. 1 и на основании которых прессованием (при давлении 100-250 МПа) и спеканием (при температуре 1580-1700  $^\circ\text{C}$ ) получены материалы с повышенными показателями свойств (табл. 2): термостойкости, огнеупорности и износостойкости, которые предназначены для службы в тепловых агрегатах и в металлургических процессах. Составы 1, 2 и 5 по своим свойствам не оптимальны для данного разработанного материала.

Источники информации:

1. А.с. СССР 1571035 А1, МПК С 04В 35/10, 1990.
2. А.с. СССР 1505914 А1, МПК С 04В 35/10, 1989.