

Использование микропорошков электрокорунда в керамической технологии

Авторы работы: Шер Н.Е., Анашкина А.А., Куликова Г.И.

Корундовая керамика производства АО «ОНПП «Технология» им. А.Г.Ромашина»

Керамика ТСМ-303 ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 97,0 \%$ мас.) – высокая плотность, прочность, твёрдость, химическая и эрозионная стойкость, большое электросопротивление



Электроизоляторы, сепараторы подшипников качения, сопла различного назначения, фильтры, тигли, мелющие тела, футеровочная плитка, конструкционные пластины, керамические узлы для стеклоплавильного аппарата для получения стекловолокна

Проблемы производства корундовой керамики

Смешивание компонентов шихты
 $Al_2O_3 : SiO_2 : CaO : B_2O_3 = 97 : 1 : 1 : 1$

Увлажнение смеси раствором декстрина
и ее грануляция

Высокотемпературный синтез шихты
Газовая печь, 1490 °С

Помол шихты
Суд. ~ 3400 - 3600 см²/г

Нестабильное качество
шихты и керамики
*незавершенность перехода γ -глинозема
в α - фазу; неполное удаление B_2O_3 и Na_2O ,
большой $K_{зап.}$ изделий*

Большая продолжительность
технологического цикла

Высокая трудоемкость,
загруженность персонала и
оборудования

Загрязнение камеры печи и
нагревателей
стеклообразующими соединениями бора и
низкий срок эксплуатации
печного оборудования



Нагреватель



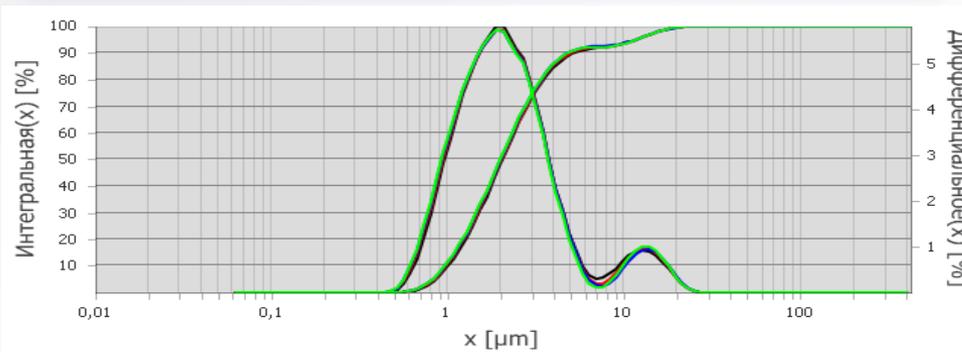
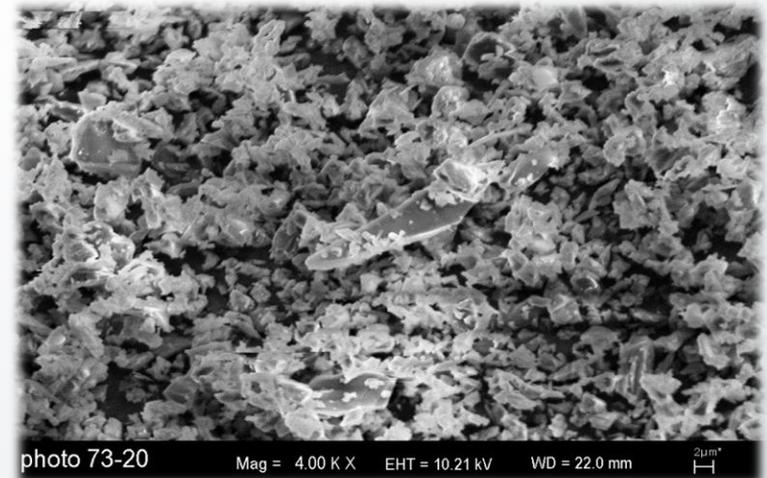
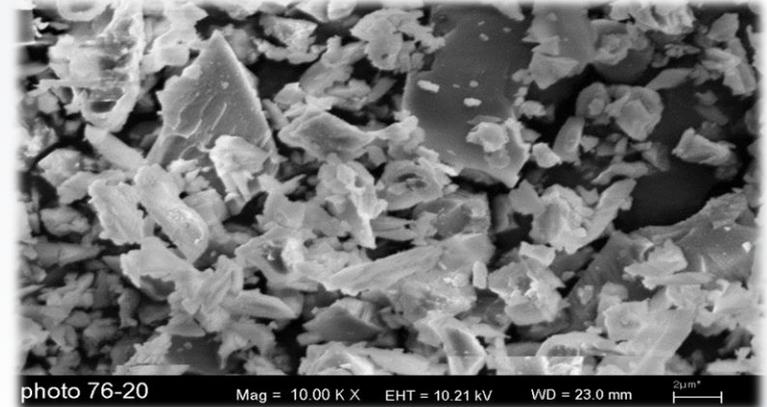
Футеровка печи

Цель работы

**Разработка технологии получения материала на основе
промышленных порошков электрокорунда без операции синтеза
ШИХТЫ**

Для исключения операции синтеза шихты использованы микропорошки электрокорунда марок *F1500, F1200, F1000, F600* производства ООО «Технокерамика», г. Обнинск

Обозначение по FEPA	Размер зерна по 50 % точке, мкм	Цена порошков руб./кг
F600	9,3 ± 1,0	165
F1000	4,5 ± 0,8	203
F1200	3,0 ± 0,5	220
F1500	2,5 ± 0,5	235



F 1500

Самую высокую активность к спеканию имеют порошки электрокорунда марки F1500

Выбор спекающей добавки для электрокорунда F1500



– анортит $\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
(~2,75 г/см³, Тпл. ~1550 °С);

– геленит $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
(~3,00 г/см³, Тпл. ~1590 °С);

– муллит $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$
(~3,00 г/см³, Тпл. ~1860 °С)

ВОЛЛАСТОНИТ



– кордиерит $2\text{MgO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$
(~2,70 г/см³, Тпл. ~1550 °С);

– сапфирин $4\text{MgO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$
(~2,40–2,50 г/см³, Тпл. ~1475 °С);

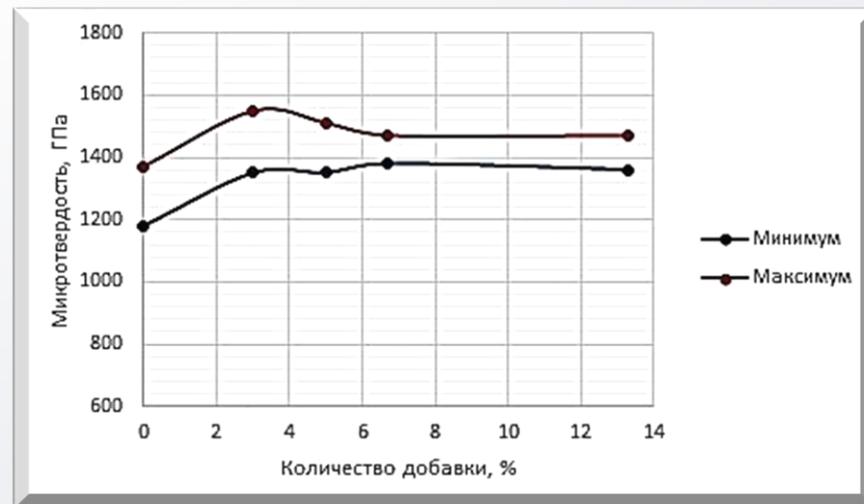
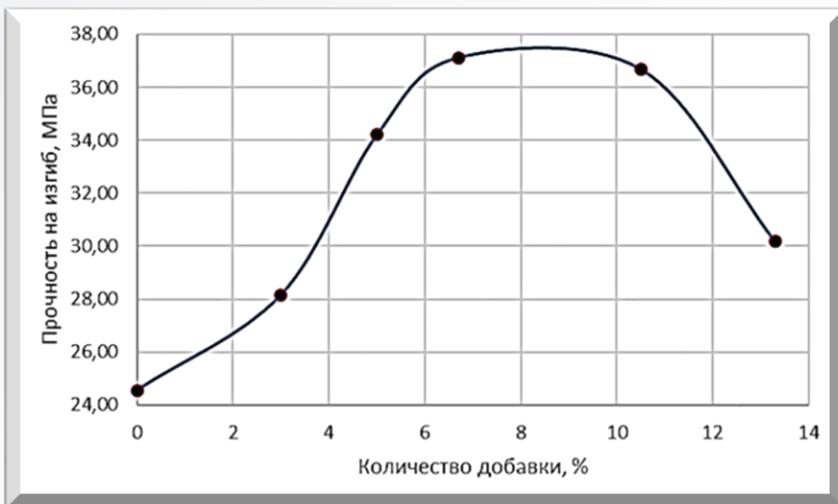
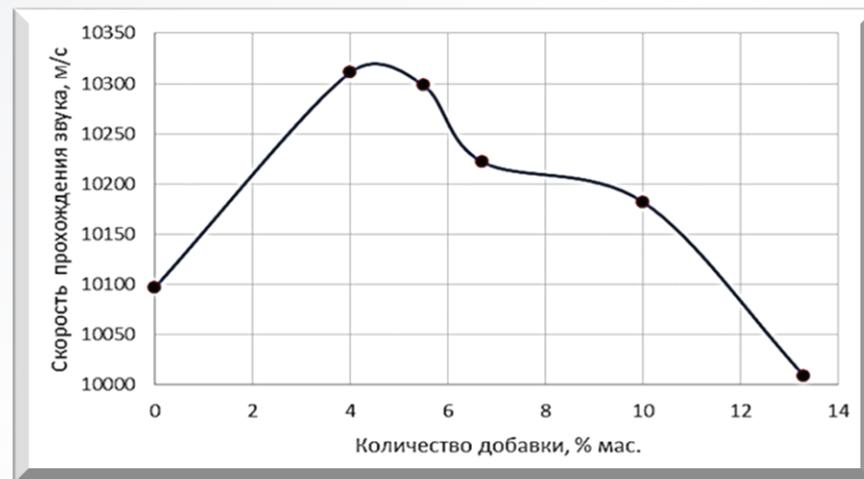
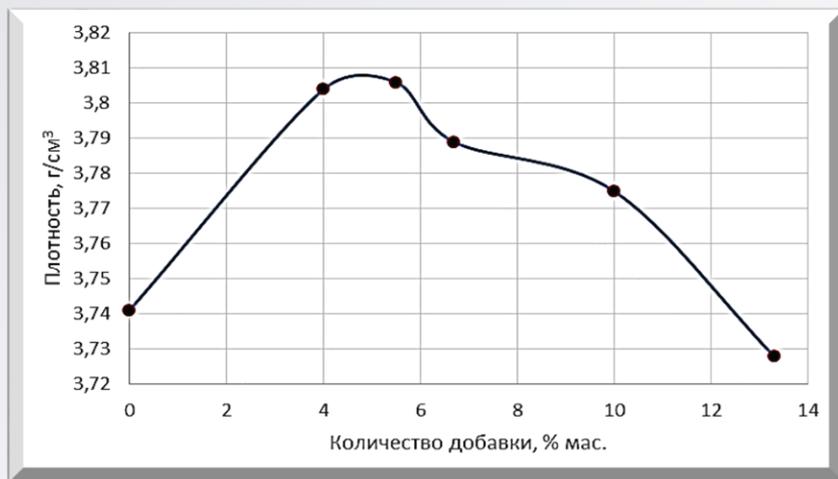
– шпинель MgAl_2O_4
(~3,58 г/см³, Тпл. ~2135 °С)

кремнезоль «Наносил-30», муллит,
оксид магния, тальк, шпинель АМШ

*Наиболее эффективной спекающей добавкой для F1500 является
смесь «шпинель : муллит = 1 : 4»
(компоненты не содержат V_2O_5 и имеют высокую температуру плавления)*

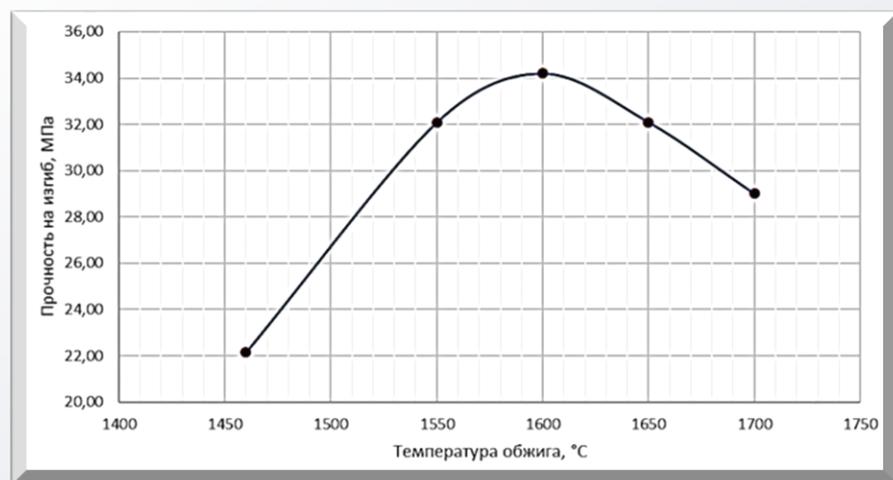
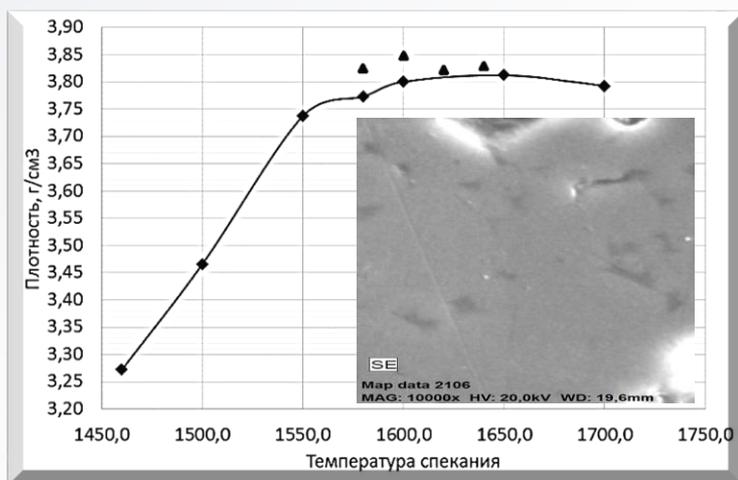
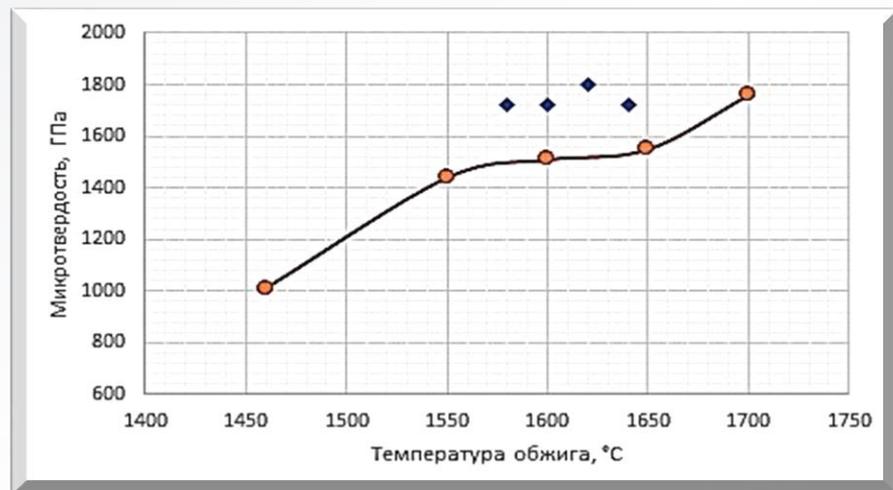
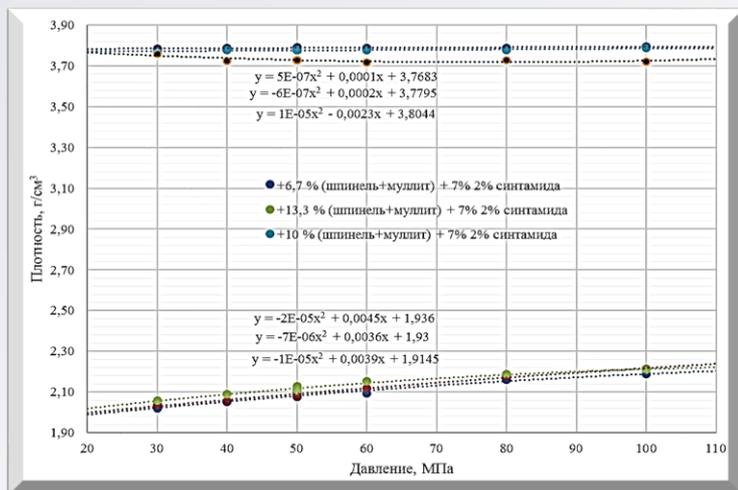
Зависимость свойств материала на основе электрокорунда F1500 от содержания спекающей добавки «шпинель : муллит = 1 : 4»

Технология полусухого прессования



Зависимость свойств материала от давления прессования и температуры обжига

Технология полусухого прессования



На основании проведенных исследований разработан материал ОТМ-943 и способ его получения, *имеющий существенные технологические и технические достоинства*

Помол спекающей добавки
«муллит : шпинель=1 : 4» (мас.);
шаровая мельница; 22 часа

Отсутствие трудо- и энергоемких стадий высокотемпературного синтеза шихты и утильного обжига для удаления связующего

Смешение сухих компонентов электрокорунд F1500 : добавка = 95 : 5 (мас.); *протирочное сито*

Отсутствие в составе материала летучих стеклообразующих соединений, разрушающих печи и нагреватели, **исключает сокращение срока службы печей**

Приготовление пресс-порошка
увлажнение смеси компонентов 2 % водным раствором синтамида 5К 6-8 % (мас.); *протирочное сито*

Сокращение количества операций, продолжительности технологического цикла, трудо- и энергозатрат, загруженности персонала и высокотемпературного печного оборудования

Формование
полусухое прессование, 30 – 50 МПа

Обжиг изделий 1580 - 1620 °С,
газовая или электрическая печь

Материал ОТМ-943 имеет комплекс свойств, соответствующих уровню характеристик конструкционной корундовой керамики **высокого качества**

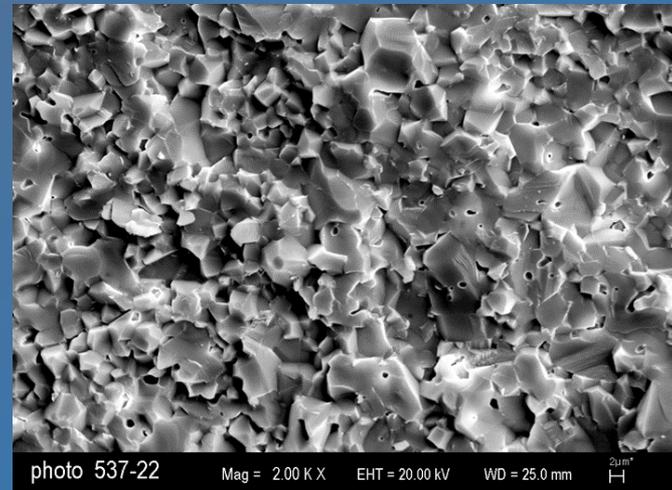
- Патент № 2 775 746 от 07.07.2022 г. «Шихта на основе оксида алюминия и способ ее получения».
- Патент № 2 789 475 от 03.02.2023 г. «Способ получения конструкционной керамики на основе оксида алюминия»

Свойства корундовых материалов АО «ОНПП «Технология»

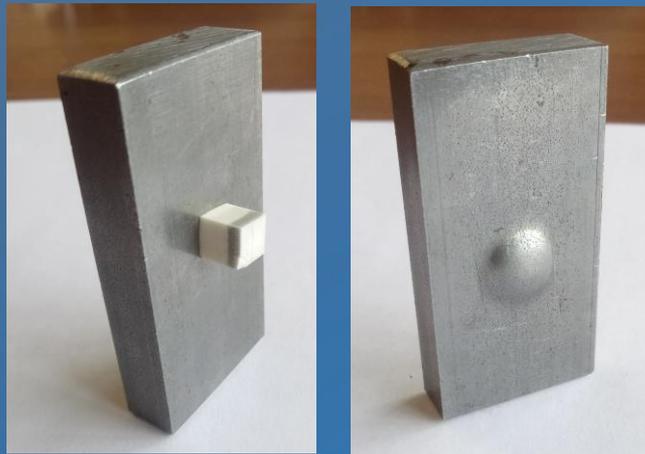
Наименование характеристик	Значение показателей	
	ОТМ-943	ТСМ-303
Содержание Al_2O_3 , % мас.	< 98,5	97,0
Фазовый состав (РФА)	α - Al_2O_3 , алюмомагниева шпинель, алюмосиликаты натрия	α - Al_2O_3 , алюмосиликаты кальция
Кажущаяся плотность, г/см ³	3,78 – 3,83	3,68 – 3,82
Пористость открытая, %	0,00 – 0,05	0,1 – 1,0
Водопоглощение, %	0,00 – 0,02	0,0 – 0,3
Предел прочности при изгибе при 20 °С, (7x7x60 мм), МПа	305 – 331	235 – 370
Предел прочности при изгибе при 20 °С, (3x4x50 мм), МПа	375	--
Предел прочности при сжатии, МПа	2020 – 2240	686 – 1080
K_{1C} , МПа·м ^{1/2}	4,8 – 5,2	3,2 – 3,5
Модуль упругости (УЗ), ГПа	389 – 392	245 – 310
Микротвёрдость, HV, 500 г, МПа	14520 – 15080	10000 – 12500
Скорость прохождения УЗ через материал, м/с	10400–10450	9300 – 9700



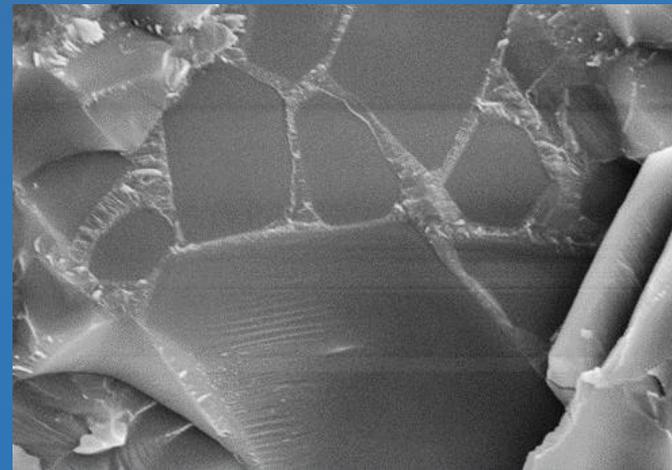
Полупрозрачность



Микроструктура



**Образец при испытании
на сжатие продавливает металл**



Апробация материала ОТМ-943 в бронезементах

Б-32, калибр 7,62x54 мм



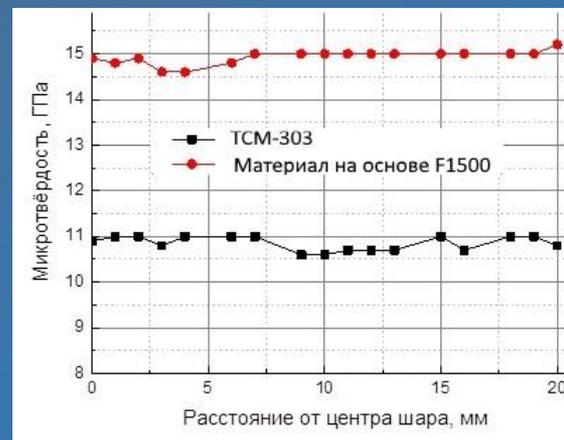
Наименование свойства	Материал ОТМ-943
Модуль упругости, ГПа	389 – 392
Трещиностойкость, K_{1c} , МПа · м ^{1/2}	4,8 – 5,2
Микротвердость HV, 500 г ГПа	14,5 – 15,1
Скорость УЗ, км/с	10,3–10,5
Время задержки проникания, Ппр.	20,75



Испытания бронепанели: 6 выстрелов; винтовка СВД калибр - 7,62 мм; патрон- 7 БЗ-3 с пулей Б-32; дистанция 10 м (на фото - фронтальная сторона; тыльная – без пробития)

Мелющие шары и футеровочная плитка из материала ОТМ-943

Наименование свойства	Материал ОТМ-943
Содержание Al_2O_3 , %	98,5
Плотность, г/см ³	3,80 – 3,83
Пористость откр., %	0,00 – 0,05
K1С, МПа · м ^{1/2}	4,8 – 5,2
Микротвёрдость HV, 500 г, ГПа	14,5 – 15,1



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !