



## ОТЧЕТ

### об испытаниях карбидокремниевых нагревательных элементов

#### 1. Предмет испытаний

Карбидокремниевые нагревательные элементы

#### 2. Исходные данные

Для проверки соответствия были приобретены карбидокремниевые нагревательные элементы 25x400x400 мм, тип ED, от двух поставщиков.

Условно в дальнейшем называем поставщиков - P1 и P2:

- Поставщик **P1** заявляет, что поставленные нагревательные элементы являются продукцией марки **EREMA**
- Поставщик **P2** предлагает свою продукцию, как аналог **EREMA**

Испытания на соответствие свойств полученных элементов стандартам нагревателей EREMA проводились в сертифицированной лаборатории Tokai Konetsu Kogyo Co., Ltd

#### 3. Этапы испытаний

- 3.1. Визуальный осмотр упаковки, внешнего вида, соответствие маркировки
- 3.2. Измерение величины сопротивления
- 3.3. Проверка геометрических размеров
- 3.4. Проверка распределения температуры рабочей зон
- 3.5. Проверка физических свойств
- 3.6. Исследование микро- макро- структуры (SEM-исследование)

#### 4. Результаты исследований

##### 4.1. Внешний осмотр, сверка данных сопроводительных документов

##### 4.1.1. Результаты визуального осмотра нагревателей от поставщика P1



Рис. 1 Внешний вид нагревателей от поставщика P1

- Нагреватели упакованы в ящик, с использованием 5 мм пенополиэтиролом. Индивидуальная упаковка нагревателей отсутствует
- В сопроводительных документах указана марка нагревателей EREMA
- На нагревателях, отсутствуют данные о производителе, номер партии, номер стенда испытаний, нет результатов испытаний
- Поверхность нагревателя имеет коричневый оттенок
- Металлизация на выводах отслаивается
- На нагревателях нанесена только номинальная величина сопротивления

ООО «ВВМ СПЕКТР»

Упаковка и маркировка не соответствует стандарту владельца марки EREMA. На упаковке и нагревателях отсутствуют данные о производителе, номер партии, номер стенда испытаний, результаты испытаний, фактическая величина сопротивления элемента.

#### 4.1.2. Результаты визуального осмотра нагревателей от поставщика P2.

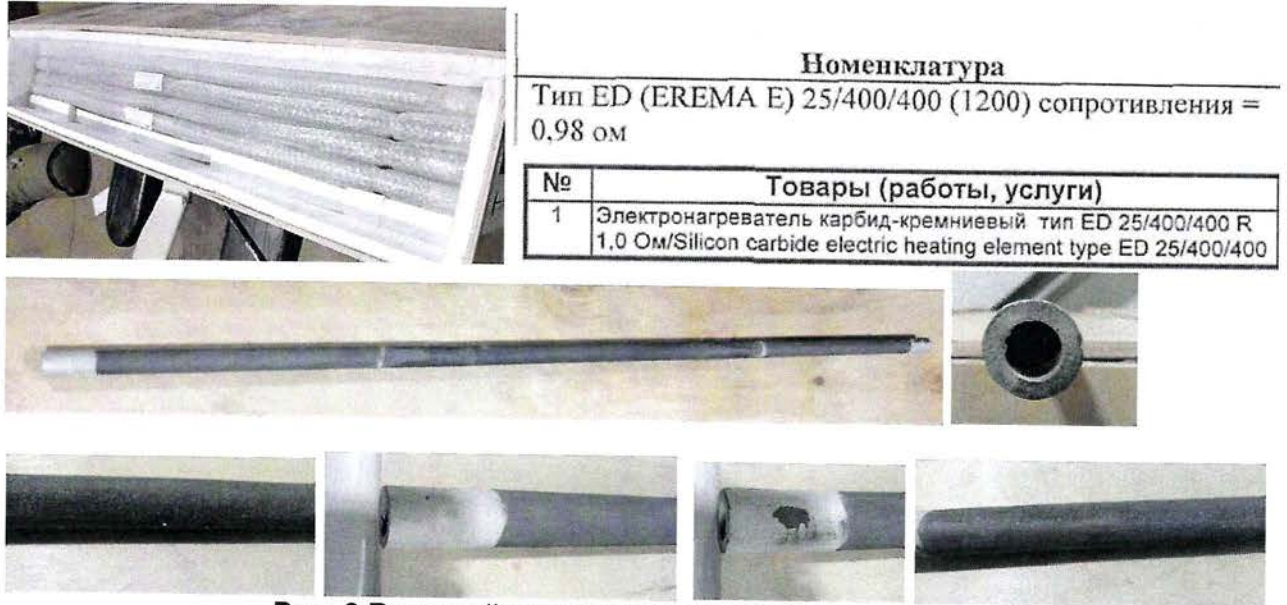


Рис. 2 Внешний вид нагревателей от поставщика P2

- Нагреватели упакованы в ящик с использованием 20 мм пенополиэтиролла, каждый нагреватель обернут воздушно-пузырьковой полиэтиленовой плёнкой
- Нагреватели предложены, как Тип ED (EREMA E). В сопроводительных документах марка нагревателей не указана
- Нагревательные элементы имеют серый налет на поверхности рабочей зоны
- Маркировка на нагревателях отсутствует
- Зона металлизации отслаивается

Упаковка и маркировка не соответствует стандарту марки EREMA



## 4.2 Измерение величины сопротивления

Измерение действительного сопротивления производилось в соответствии со стандартами ТКК для нагревателей марки EREMA при температуре T=1000°C и напряжении 70В (трансформатор). Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения величины сопротивления

P1			P2		
№	Сопротивление в соответствии с маркировкой Ом	Фактическое сопротивление, Ом	№	Сопротивление в соответствии с маркировкой Ом	Фактическое сопротивление, Ом
1	0,98	0,94	1	1,0	0,88
2	0,98	0,87	2	1,0	0,91
3	0,98	0,79	3	1,0	0,99
4	0,98	0,81	4	1,0	0,80

Расхождение значений величины сопротивления от заявленного составляет до 20% у нагревателей от поставщиков P1 и P2.

Для нагревателей EREMA допускается отклонение величины сопротивления от номинального значения не более 15%

Для проведения испытаний случайно отобраны 4 (четыре) нагревательных элемента. Элементы пронумерованы:

№1 – от поставщика P1

№№ 2, 3, 4 – от поставщика P2

## 4.3 Измерение геометрических размеров

Результаты измерений представлены в таблице 2.

Нагреватель 1 имеет больший внутренний диаметр холодной зоны, чем стандарт EREMA. Внешний и внутренний диаметр горячей зоны находятся в пределах допуска стандартов EREMA. Длина металлизированной зоны - 50 мм.

Нагреватели 2 - 4 имеют больший внутренний диаметр холодной и горячей зон, чем стандарт EREMA. Внешний диаметр соответствует стандарту EREMA. Зона металлизации 50 мм.

Таблица 2 - Сравнение измерений

	Внешний диаметр горячей зоны	Внутренний диаметр горячей зоны	Внешний диаметр холодной зоны	Внутренний диаметр холодной зоны	Зона металлизации
Нагреватель 1	25,1	12,6	24,7	14,3	50
Нагреватель 2	24,9	13,7	24,9	14,4	50
Нагреватель 3	25,6	13,9	24,8	14,9	50
Нагреватель 4	25,2	12,8	24,9	14,6	50
EREMA E	25±1	12,5	25±1	12,5	50+20-10

#### 4.4 Равномерность нагрева

Исследование равномерности нагрева рабочей зоны показано на рис. 3. Получено, что фактическая рабочая зона всех исследуемых нагревателей отличается как от заявленных Поставщиками, так и от стандартов EREMA

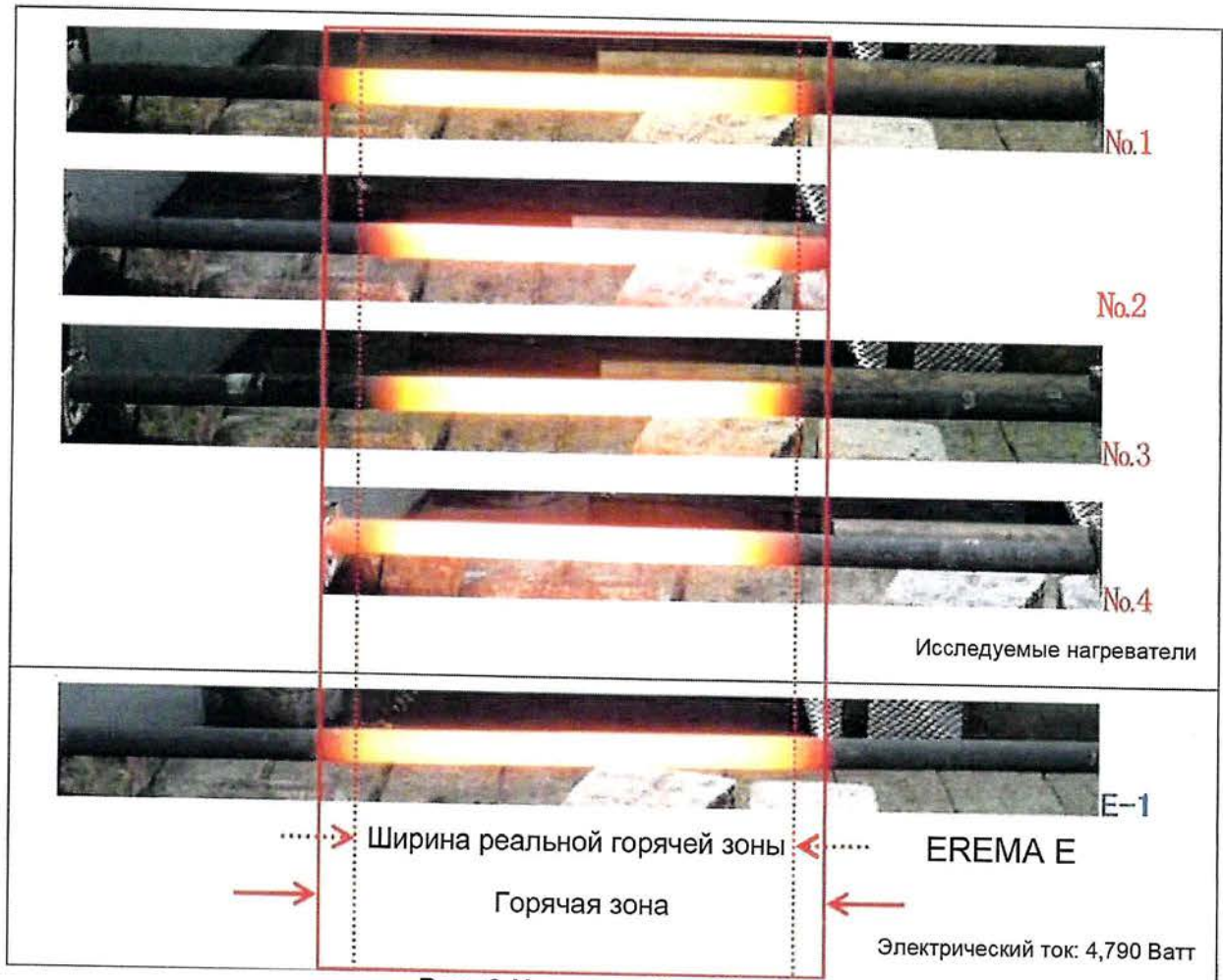


Рис. 3 Нагрев рабочей зоны

##### (1) Распределение температуры

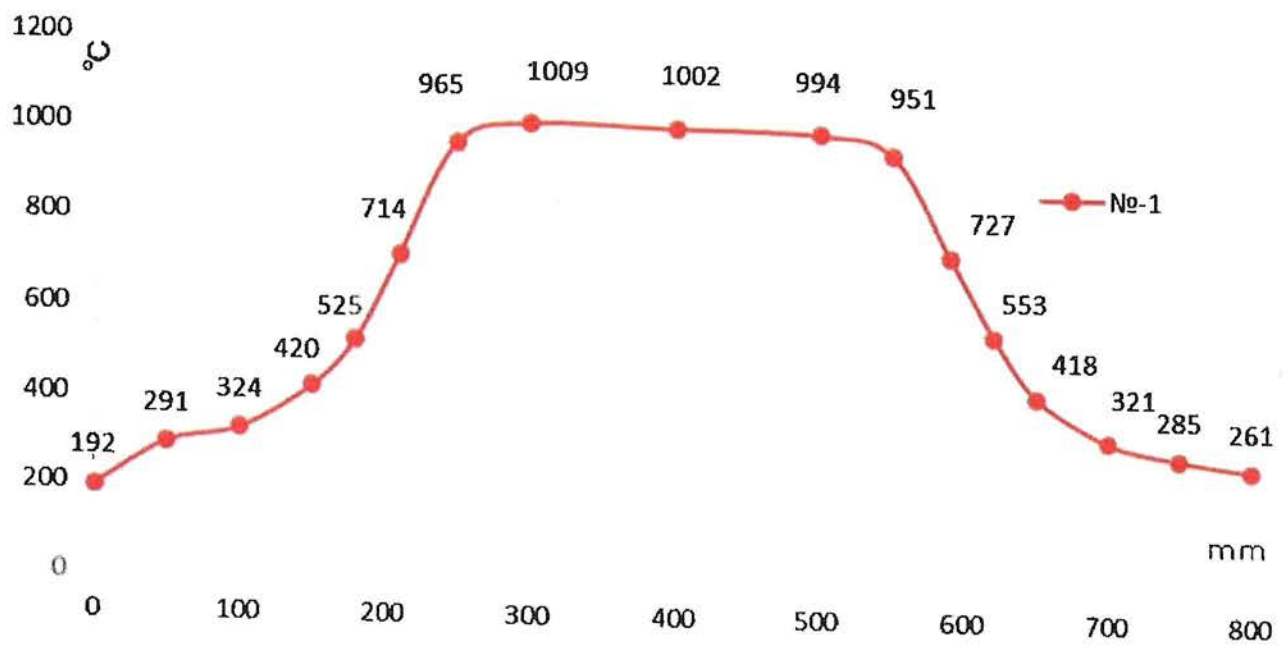
Термографическое исследование нагревателя 1 приведено на рис. 4; нагревателей 2,3,4 на рис. 5.

Полученные данные свидетельствуют о том, что:

- Температурное распределение нагревателя 1 отличается от распределения температуры у нагревателя EREMA. Распределение температуры неравномерно. С правой стороны кривая уходит вниз, с левой стороны температура выше.
- Горячая зона нагревателя 3 уже, чем у EREMA.
- Температура горячей зоны нагревателей 2 и 4 с одной стороны выше, чем у EREMA.



Нагреватель №1 Распределение температуры 25\*400\*400



EREMA E 25\*400\*400 (сравнение)

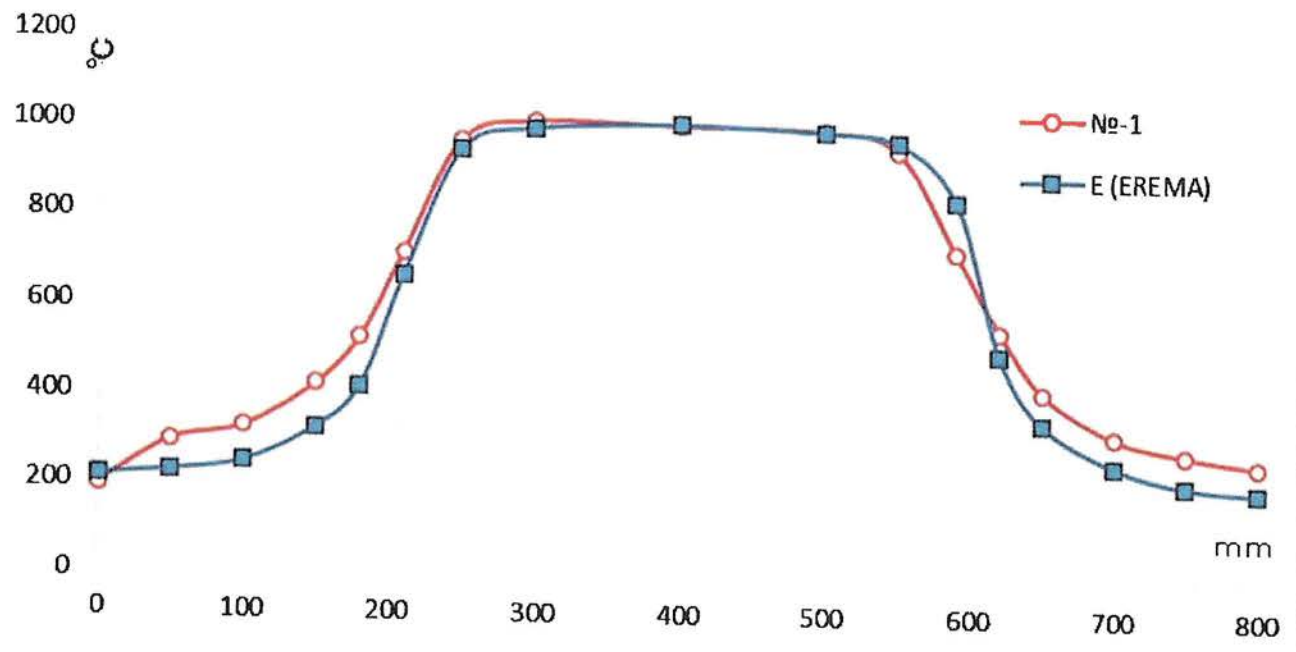
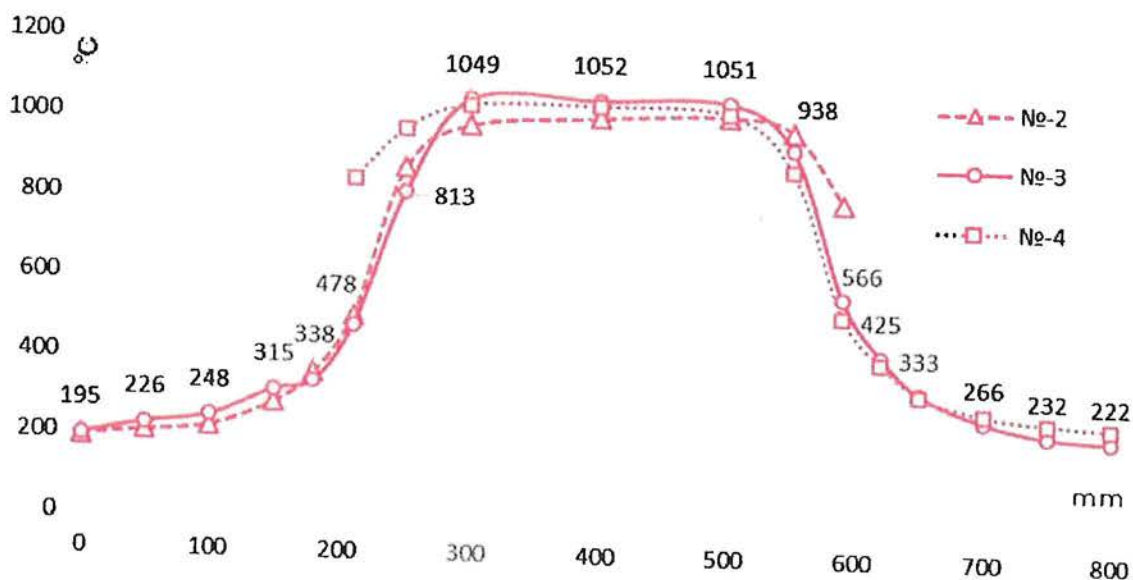
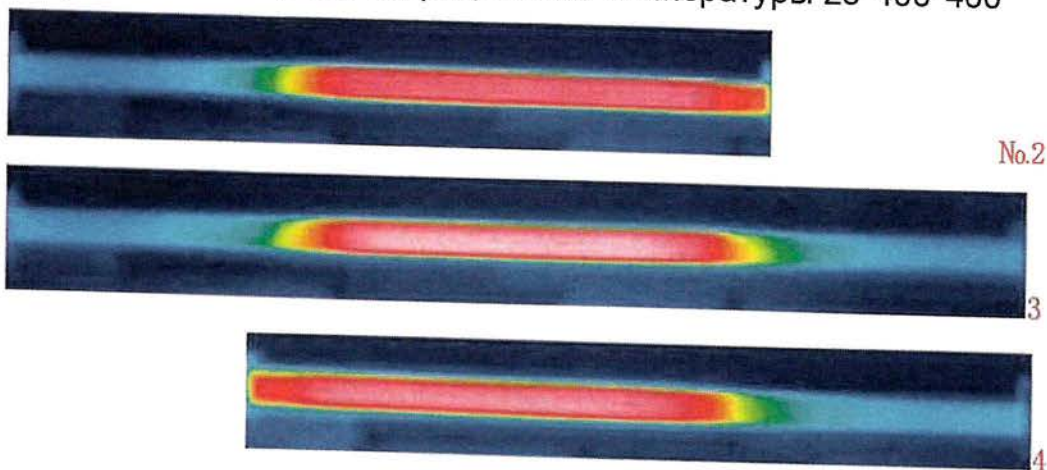


Рис. 4 Распределение температуры

Нагреватель №2,3,4 Распределение температуры 25\*400\*400



EREMA E 25\*400\*400 (сравнение)

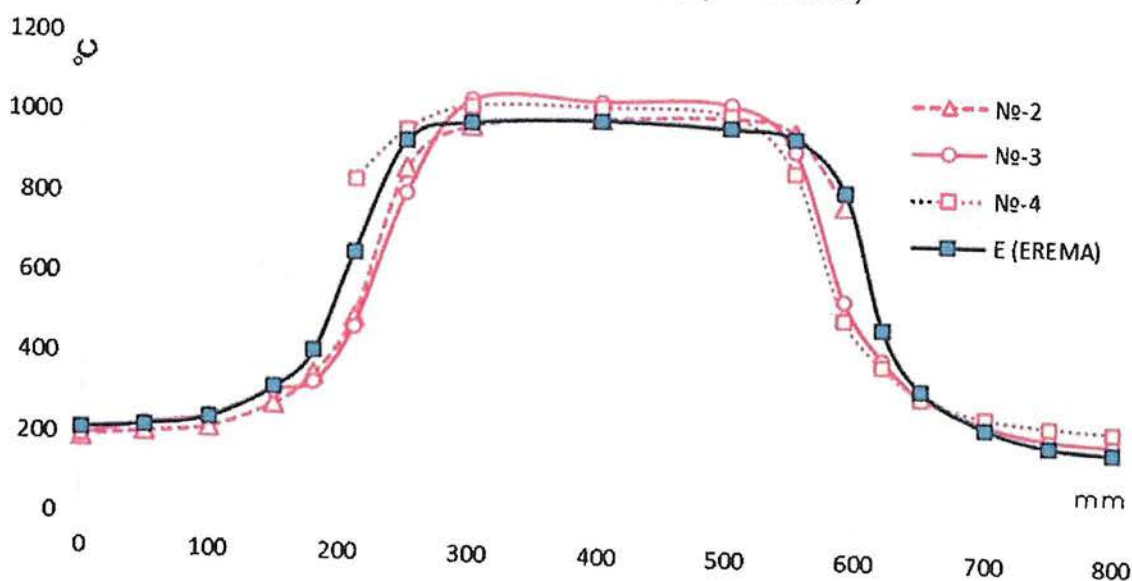


Рис. 5 Распределение температуры

#### 4.5 Измерение удельного сопротивления горячей и холодной зоны

Величина удельного сопротивления (таблица 3).

**Таблица 3 – Величина удельного сопротивления (измерено при включенном питании)**

	Сопротивление (при T=1000 °C)
Нагреватель 1 горячая зона	$8,7 \times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
Нагреватель 2 горячая зона	$7,4 \times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
Нагреватель 3 горячая зона	$10,2 \times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
Нагреватель 4 горячая зона	$11,0 \times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
EREMA E горячая зона	$8,0 \times 10^{-2}$ (Стандарт)

	Сопротивление (при T=300 °C)
Нагреватель 1 холодная зона	$4,7 \times 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
Нагреватель 2 холодная зона	$4,8 \times 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
Нагреватель 3 холодная зона	$3,4 \times 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
Нагреватель 4 холодная зона	$3,7 \times 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
EREMA E холодная зона	$3,3 \times 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}$

- Метод измерения – снижение напряжения от T=1000 °C

#### 4.6 Проверка физических свойств

Физические свойства (таблица 4)

**Таблица 4 - Результаты проверки физических свойств**

	Прочность, МПа	Кажущаяся пористость	Кажущаяся плотность	Объемная (средняя) плотность
Нагреватель 1	64	22,4	3,18	2,47
Нагреватель 2	64	27,2	3,17	2,31
Нагреватель 3	66	27,6	3,14	2,28
Нагреватель 4	65	23,4	3,17	2,43
EREMA E горячая зона	50	$\leq 23,0$	3,2	2,50
Нагреватель 1	89	1,6	2,74	2,69
Нагреватель 2	79	2,3	2,82	2,76
Нагреватель 3	98	1,3	3,0	2,96
Нагреватель 4	93	3,5	3,0	2,9
EREMA E холодная зона	163	$\leq 2,0$	$\leq 3,0$	2,9



4.7 Исследование микро- макро- структуры

Результаты исследования под микроскопом показаны на рис. 6 и 7.

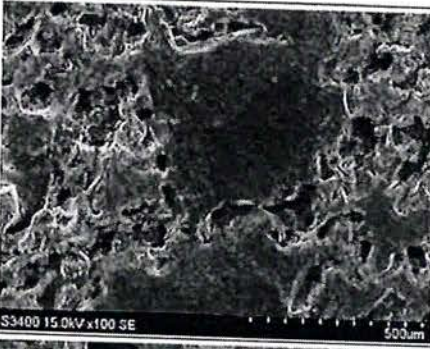
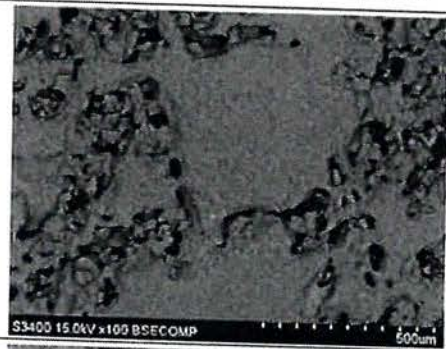
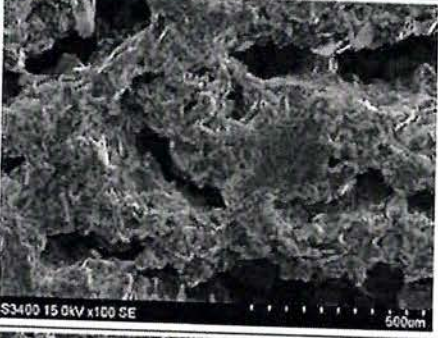
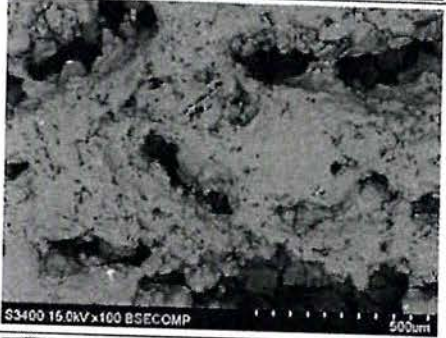

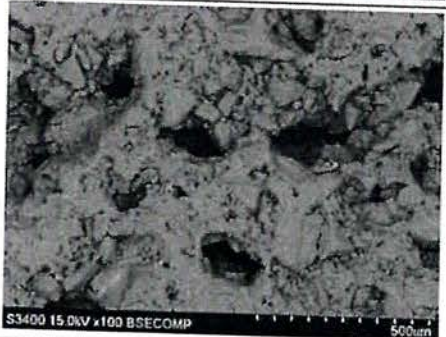

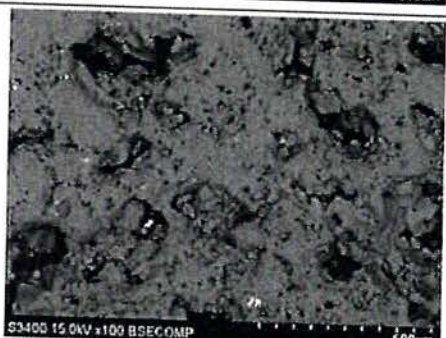
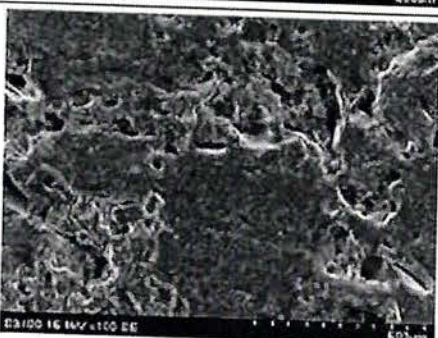
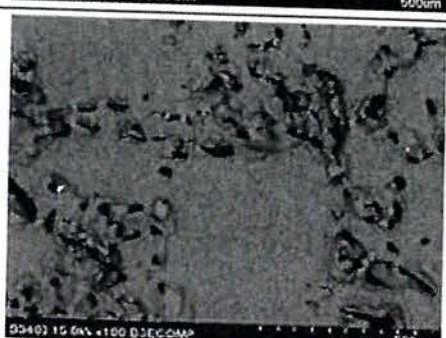
	Вторичная электронная эмиссия	Обратное рассеяние электронов
Нагреватель 1 Горячая зона		
Нагреватель 2 Горячая зона		
Нагреватель 3 Горячая зона		
Нагреватель 4 Горячая зона		
Нагреватель EREMA E Горячая зона		

Рис. 6 Структура горячей зоны





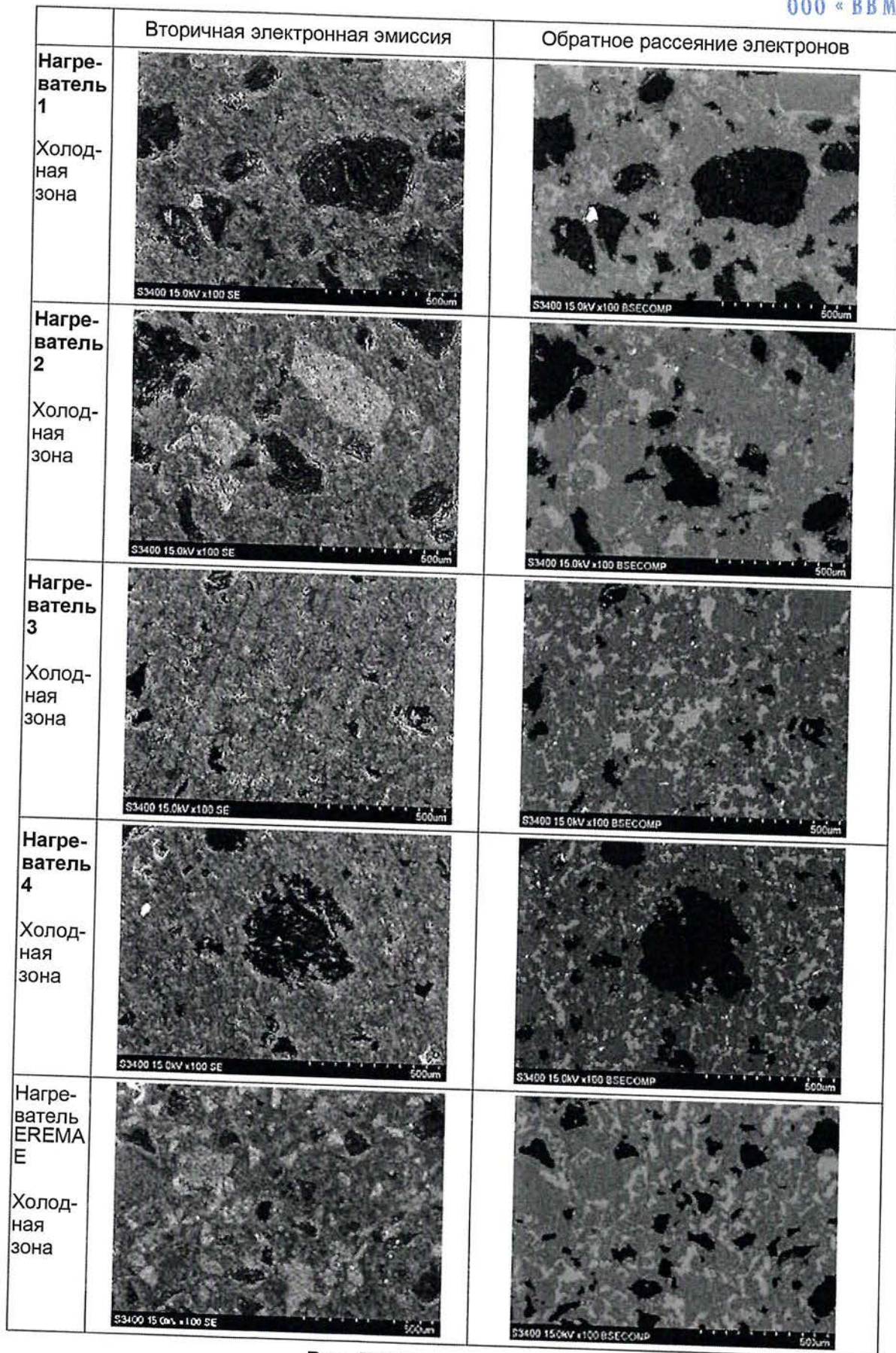


Рис. 7 Структура холодной зоны





## 5. Заключение

В результате испытаний нагревательных элементов выявлено:

- нагреватель 1 по таким параметрам, как удельное сопротивление, физические характеристики и микроструктура соответствует заявленным Поставщиком значениям. Прочность на изгиб горячей и рабочей зон нагревателя 1 отличается от стандартов EREMA.

Нагреватель, отличается от оригинальных нагревателей **EREMA** по маркировке, цвету, внутреннему диаметру, способу соединения рабочей части с холодными выводами состоянию металлизированной части.

Заявленные величины сопротивлений нагревателей отличаются от указанных в маркировке. Расхождение значений - до 20%

**Исходя из вышесказанного можно заключить, что нагреватель 1 НЕ ЯВЛЯЕТСЯ нагревателем EREMA.**

- нагреватели 2, 3, 4: зона нагрева меньше, температура распределена неравномерно, значения удельного сопротивления имеют достаточно большой разброс, нагреватели имеют высокую пористость горячей зоны.

У всех исследуемых нагревателей обнаружена **тонкая связка** между зернами SiC. Возможной причиной такой слабой связки может быть технология обжига нагревателей – недостаточная температура/время обжига, либо однократный обжиг вместо двукратного. Такая структура может быть причиной быстрой окислительной реакции при работе нагревателей, быстрого роста сопротивления, особенно в первое время после включения, короткого срока службы, низкой стойкости в агрессивной среде.

**Таблица 5 - Сводные характеристики**

		<b>Сравнение с EREMA E</b>	<b>Значение</b>
Измерение	Нагреватель 1	Больше внутренний диаметр холодных выводов, тоньше стенка. Больше внутренний диаметр холодных выводов и рабочей зоны. Обе зоны имеют более тонкую стенку.	14,3 ГЗ (12,8-13,9) X3 (14,4)
	Нагреватели 2,3,4		
Распределение температуры	Нагреватель 1	Близкое Горячая часть меньше	С правой стороны горячая часть короче. Видны различия температуры горячей зоны, неравномерность распределения температуры.
	Нагреватели 2,3,4		
Удельное сопротивление горячей зоны	Нагреватель 1	Близкое Отличается. Имеется разброс значений	8,3x10 <sup>-2</sup> Ом*см 7,4-11,0x10 <sup>-2</sup> Ом*см
	Нагреватели 2,3,4		
Прочность	Нагреватель 1	Высокая Высокая	64 Мпа 65Мпа
	Нагреватели 2,3,4		
Пористость горячей зоны	Нагреватель 1	Близкая Высокая	22,4% 27,2%
	Нагреватели 2,3,4		



Все исследуемые нагревательные элементы по своим параметрам не соответствуют стандартам владельца торговой марки EREMA, Tokai Konetsu Kogyo Co., Ltd.

Маркировка и упаковка нагревателей не соответствует стандартам Tokai Konetsu Kogyo Co., Ltd.

Данные нагреватели не могут являться нагревателями марки EREMA. Ввиду отличия физико-химических свойств они так же не могут рассматриваться как аналоги марки EREMA.

Руководитель технической службы  
ООО «ВВМ Спектр»

М.П.



И.М. Сергиенко