

Тип керамики	Наружный × внутр. диаметр, мм	Длина, мм
C530	26×18	530; 740; 1030; 1430; 2030
C610	10×7	200; 270; 375; 530; 740; 1030; 1430; 2030
	15×11	530; 740; 1030; 1430; 2030
	24×19	530; 740; 1030; 1430; 2030
C795 или C799	8×5	200; 270; 375; 530; 740; 1030 1430; 2030
	10×6	200; 270; 375; 530; 740; 1030; 1280; 1430; 2030
	15×10	530; 740; 1030; 1430; 2030
	20×15	1000
C610	24×18	530; 740; 1030; 1230; 1430; 1630; 2030
	Трубки-изоляторы: – одноканальные 2,7×1,7	10; 25; 50
	4,0×2,0	10; 25; 50
	6,0×4,0	10; 25; 50
C610	– двухканальные 3,5×(2×0,8)	100
	5,5×(2×1,8)	150
C610	– четырехканальные 10,0×(4×2,5)	220
C610;C795;C799	– двух- (или четырех-) канальные 5,5×(2 или 4×1,2)	205; 275; 380; 560; 770
	8,5×(2 или 4×1,5)	1060; 1460; 2060
C799	– двухканальные 2,5×(2×0,8)	475; 515; 765; 1280
	4,0×(2×0,8)	740
C799	4,0×(2×1,0)	1000
	– шестиканальные 5,0×(6×0,8)	1000
RAPAL100	5×3; 9×7,5; 10,4×6; 12,5×8,3; 13×8;	до 1000
	15×10; 17,5×13,5;	до 1000
	17×11; 18×4; 21×13,5	до 1250
	трубка 2-х канальная 3,2×(2×0,8)	до 1000

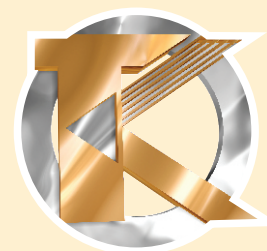
Сроки поставки от 45 до 90 дней после предоплаты в зависимости от сложности изделий.

ООО «Обнинская Термоэлектрическая Компания» всегда готова помочь Вам в решении задач высокотемпературной термометрии, возможен выезд наших специалистов на объекты Заказчика.

Обращаться по адресу:



249033, г. Обнинск, Калужская обл., ул. Горького, д. 4.
Тел.: (48439) 7-92-85, 7-95-61, тел./факс: (48439) 4-42-90
<http://www.otc.obninsk.com>. E-mail: otc@obninsk.com, otc-market@obninsk.com



**Обнинская
Термоэлектрическая
Компания**

<http://www.otc.obninsk.com>
e-mail: otc@obninsk.com

Тел./факс: (48439) 44-290

**Высококачественная керамика
для защиты термопреобразователей**

Термометрия с помощью термопар на основе драгоценных металлов, в условиях непрерывного роста цен на платину и родий, требует надежной защиты термоэлектродов термопар в агрессивных высокотемпературных средах. Высокий рабочий ресурс термопреобразователя является важнейшим условием его конкурентоспособности.

Проведенные исследования структуры и фазового состава керамических материалов позволяют нам рекомендовать потребителю лучшие образцы керамических чехлов и трубок для защиты термопар в рабочих условиях, а также для решения многих других технологических задач, где очень важны химическая инертность, стойкость к термоударам и механическая прочность материала при высоких температурах.

Важнейшими характеристиками керамики для защиты термопар являются однородность структуры, размер зерна, отсутствие пор и трещин (газоплотность), остатков связующих материалов, температурная стойкость. Всем этим требованиям отвечает керамика, изготавливаемая по стандарту МЭК 672 типов C530; C610; C795; C799 и особо плотная керамика класса C799 марки RAPAL100.

Сравнительные характеристики керамики различных типов приведены в табл.1:

Таблица 1

Свойство	Ед. изм.	Тип керамики				
		C530	C610	C795	C799	Rapal100
Содержание Al ₂ O ₃	%	78	62	95	99,7	99,7
Удельная плотность	г/см ³	2,5	2,7	3,68	3,82	≥3,85
Пористость	%	8–12	0	0	0	0
Твердость по Моосу	ед.	6	8	9	9	9
Модуль упругости	ГПа	–	100	280	300	380
Прочность на изгиб	МПа	30	120	280	300	300
Коеф. линейного расширения (20...1000°С)	10 ⁻⁶ /°С	4–7	5–7	7–9	7–9	9
Теплопроводность (30...100°С)	Вт/м К	1,4–2	4–6	16–28	19–30	19–30
Сопrotивление термоударам		очень хорошее	средне хорошее	среднее	среднее	среднее
Предельная величина термоудара	К	350	150	140	150	150
Максимальная рабочая температура	°С	1500	1500	1550	1650	1700
Диэлектрическая прочность	кВ/мм	–	17	15	17	20
Химическая стойкость		удовлетв.	хорошая	хорошая	очень хорошая	очень хорошая

Из таблицы видно, что пористая керамика выдерживает максимальный термоудар, но не способна защитить внутренний объем чехла от химического воздействия окружающей среды. Из газоплотной керамики наиболее устойчива к термоударам муллитокорундовая керамика C610, состоящая из смеси оксидов Al₂O₃ и SiO₂. С увеличением содержания Al₂O₃ увеличиваются прочностные характеристики керамики, теплопроводность и максимальная рабочая температура, химическая стойкость, но уменьшается стойкость к термоударам. Именно поэтому стандартный чехол термопреобразователя с термопарой из драгоценных металлов выполняется двойным (рис. 1).

Наружный чехол выполняется из газоплотной или пористой керамики, стойкой к термоударам, а внутренний чехол – из газоплотной керамики с высоким содержанием Al₂O₃. При рабочих температурах выше 1500°С приходится использовать керамику с максимальным содержанием Al₂O₃ и плотности, которая требует особо бережного обращения в рабочих условиях эксплуатации. Вообще очень важно правильно применять типы керамики в зависимости от условий ее применения. Далеко не всегда самая дорогая керамика обеспечит необходимый ресурс работы.

Чем выше температура, тем ближе мы к Вам

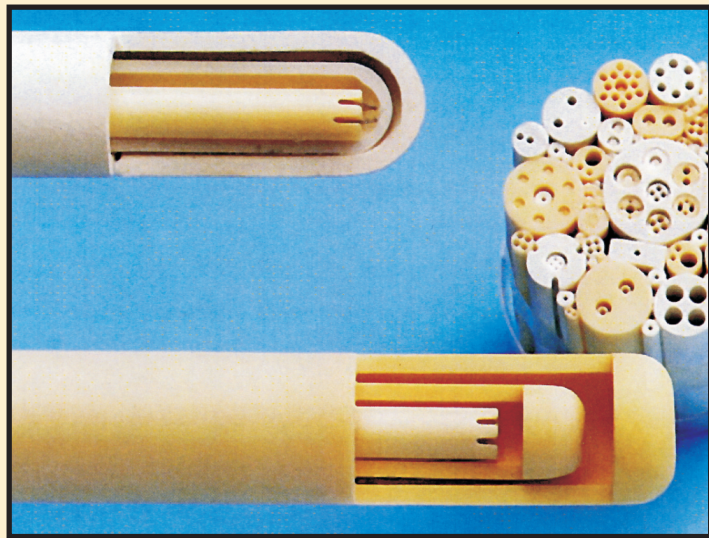


Рис. 1. Керамическая защитная арматура

Отличительной особенностью предлагаемой керамики является контроль производителя за фазовой структурой материала. Как видно на прилагаемых рис. 4–6 вся керамика имеет, пористость только внутризеренная на уровне $0,5 \pm 2$ мкм, практически отсутствуют включения других фаз и остатков связующих соединений. Плотность керамики не менее $3,85 \text{ г/см}^3$, что очень близко к теоретической плотности оксида алюминия. Это очень важно для обеспечения внутри объема защитного чехла постоянной окислительной (или хотя бы нейтральной) атмосферы, в которой материал термоэлектродов термопары подвергается наименьшим воздействиям. При уменьшении плотности керамики возрастает, конечно, внутренняя пористость, но керамика остается газоплотной вплоть до $2,7 \text{ г/см}^3$ (С610).

К сожалению, материал керамических чехлов и трубок многих производителей редко соответствует этим параметрам. На всех рис. 7–12 видно, что размер зерен материала неодинаков, возможны поры и трещины между зёрнами (хотя керамика поставляется как газоплотная). Неоднородность структуры материала ведет к образованию (или росту существующих) микротрещин, которые при термоскачках растут и разрушают защитный чехол. На рис. 10–12 отчетливо видны включения фаз совершенно другой структуры и состава, отличного от состава зерна основной структуры (чистый Al_2O_3 в зонах 1833 и 1838 рис. 11 и 12). В этих включениях содержатся остатки оксидов MgO , SiO_2 , а также остатки связующих материалов в заметных концентрациях (Na_2O от 3 до 7% в зонах 1834 и 1839 рис. 11 и 12). Наличие Na_2O в готовой керамике увеличивает вероятность образования стеклофазы, снижает предельную рабочую температуру, ухудшает электрофизические свойства (увеличиваются токи утечки). Кроме того, щелочные добавки при повышенных температурах снижают окислительный потенциал газовой среды внутри чехла и делают ее восстановительной, что ведет к ускоренному разрушению термоэлектродов термопары.

Поэтому, в условиях непрерывного роста цен на драгоценные металлы, очень важно использовать для изготовления термопреобразователей только высококачественную керамику, стоимость которой в любом случае не превышает 10–20% стоимости всего изделия.

Номенклатура производства керамических чехлов и трубок представлена на рис. 2 и 3 и в табл. 2.

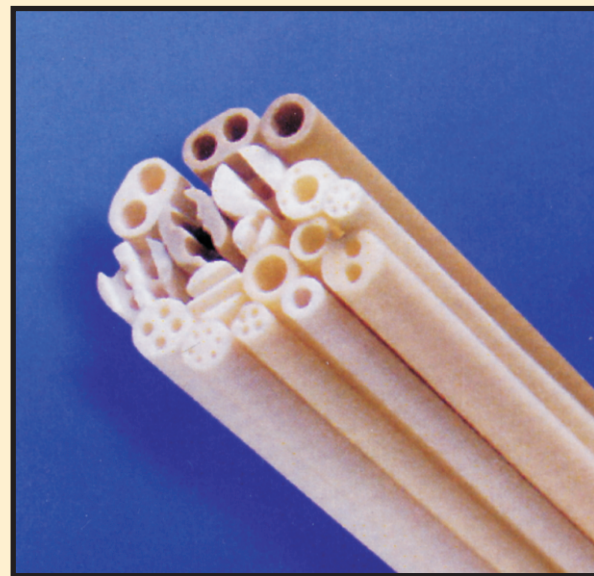


Рис. 2. Керамическая трубки



Рис. 3. Керамическая чехлы и трубки

В табл. 2 приведены стандартные типоразмеры труб и чехлов. Изготовитель керамики типов С530–С799 готов принять к производству изделия длиной до 2100 мм и диаметром от 2 до 50 мм.

Изготовитель керамики марки RAPAL готов принять к производству любой типоразмер керамики (чехлы, трубки и др.) при объеме заказа не менее 100 единиц изделий. Стоимость изготовления пресс-формы в цену изделий не включается.

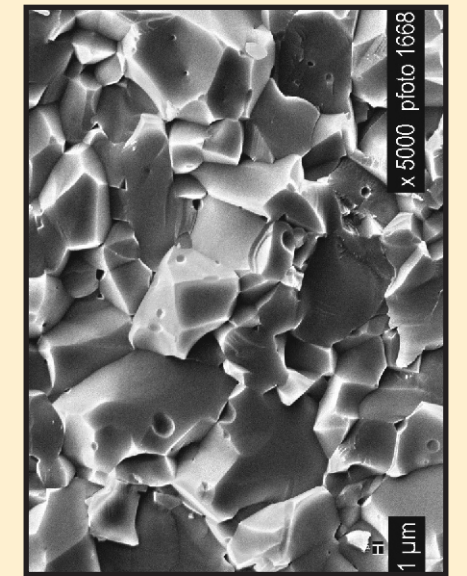
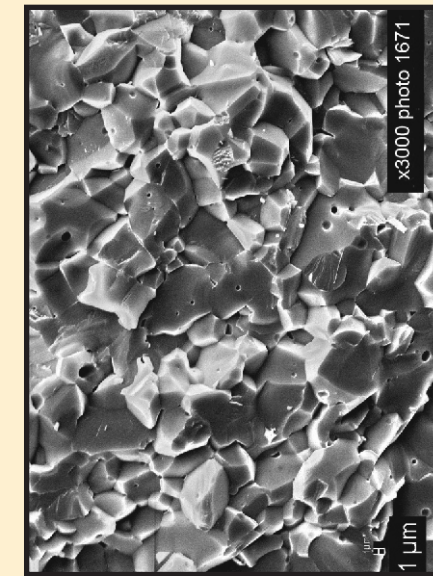


Рис. 4, 5, 6. Микроструктура керамики марки RAPAL при разном увеличении (однородная плотная структура зерен 3–10 мкм без включений)

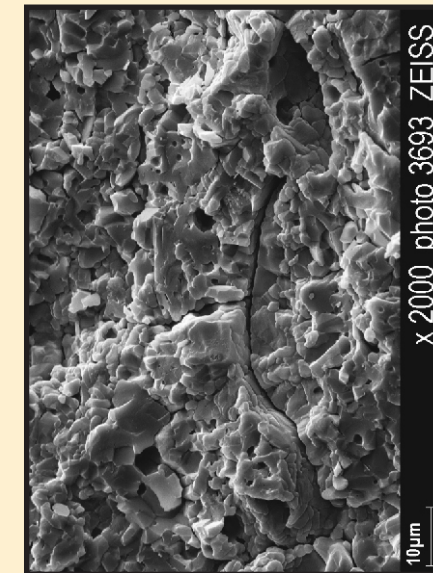
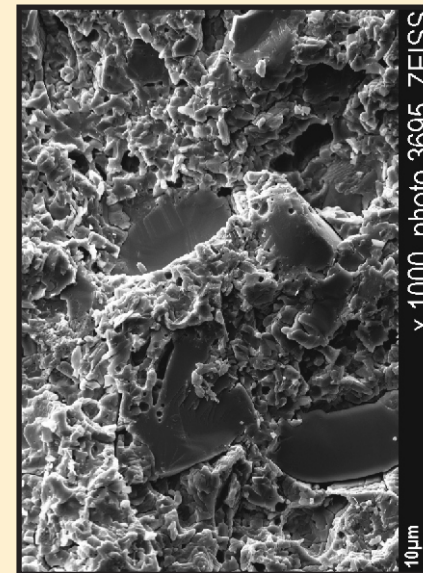


Рис. 7, 8, 9. Микроструктура общепромышленной керамики класса С795 при разном увеличении (резко неоднородная структура зерна, поры, трещины)

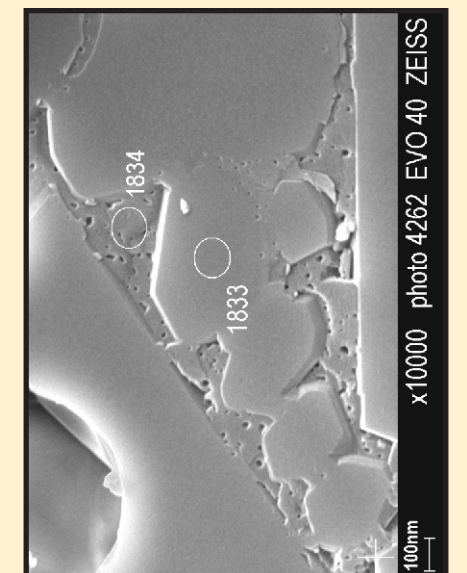
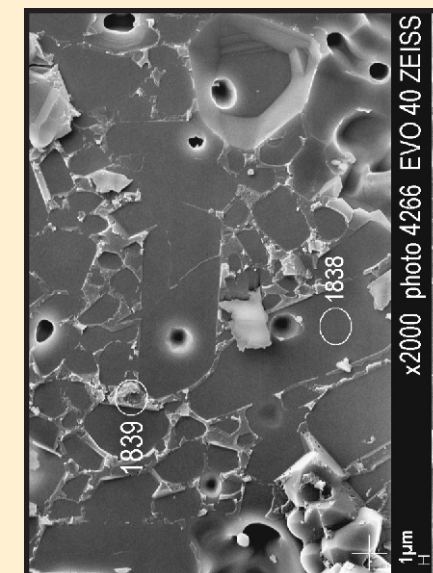
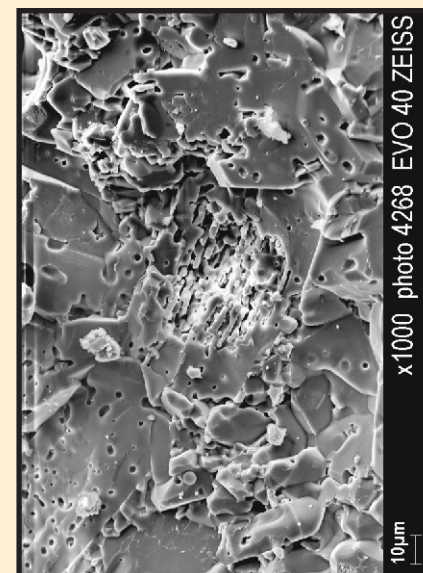


Рис. 10, 11, 12. Микроструктура керамики класса С795 при разном увеличении (включения других фаз)