

ROCAR®
Карбид кремния

Специальные материалы
для машин и механизмов

CeramTec Czech Republic, s.r.o.

Эксперт в области ROCAR® –
современная керамика
на базе карбида кремния



Компания CeramTec начала работать в 1994 г., когда материнская фирма CeramTec переместила производство технической керамики на базе карбида кремния (SiC) из немецкого г. Зельб в г. Шумперк.

Несколько лет спустя производство было расширено, была построена вторая производственная линия по завершающей обработке пластин для уплотнения сантехники. В настоящее время эта линия является крупнейшей в данной области. Основными производственными операциями являются шлифование, полирование и выходной контроль пластин из оксида алюминия Al_2O_3 .



Шумперское предприятие с более чем тремя сотнями работников относится к числу самых крупных зарубежных предприятий немецкой группы CeramTec и является единственным заводом, специализирующимся по производству заказных изделий из карбида кремния марки **ROCAR®**.



CeramTec – производитель и поставщик, работающий по всему миру



АМЕРИКА
США
Бразилия
Мексика

ЕВРОПА
Германия
Франция
Великобритания
Италия
Польша
Россия
Скандинавия
Испания
Чешская Республика

АЗИЯ
Китай
Корея
Малайзия
Индия

Карбид кремния ROCAR®

Материал для специального применения



Карбид кремния относится к группе неокисленных керамических материалов и является одним из наиболее твердых материалов, производимых промышленным способом.



Карбид кремния приобретает свою чрезвычайную твердость благодаря ковалентной связи между атомами кремния и углерода. Эта связь является также причиной высокого модуля упругости и исключительно низкого теплового расширения.

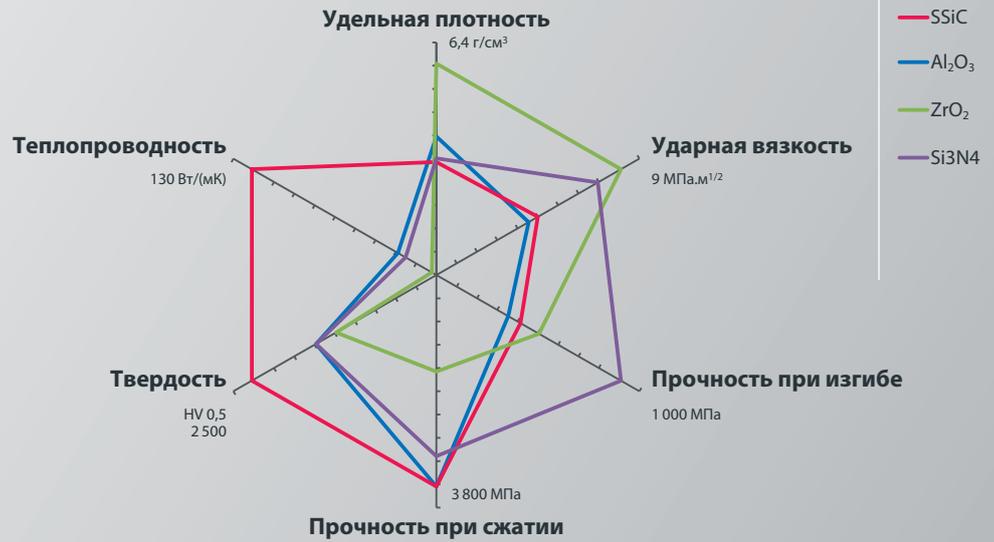
Карбид кремния имеет также высокую теплопроводность и прочность, практически постоянную в широком диапазоне температур.

С точки зрения электрических свойств карбид кремния относится к группе полупроводящих материалов.



Специфические свойства карбида кремния

- Высокая термостойкость 1 350 / 1 800°C.
- Коррозионная стойкость.
- Очень высокая твердость.
- Высокая прочность в полном диапазоне температур (от -270 до +1 800°C).
- Исключительная теплопроводность.
- Малое тепловое расширение.
- Низкая удельная плотность.



Карбид кремния, инфильтрованный кремнием RBSiC/SiSiC

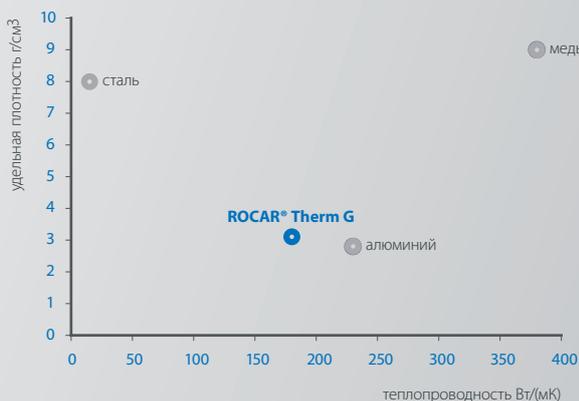
В таком материале поры исходного материала SiC заполняются в процессе инфильтрации выжиганием металлическим кремнием, при этом возникает вторичный SiC и материал приобретает исключительные механические свойства, становясь износостойким. Благодаря минимальной усадке в процессе выжигания данный способ обработки можно использовать при производстве больших и сложных деталей с достижением малых допусков. Но содержание кремния ограничивает максимальную рабочую температуру до 1350°C, химическая стойкость также ограничена примерно до значения pH 10.

Варианты материала:
ROCAR® SiG, ROCAR® SiF,
ROCAR® Therm G, ROCAR® Therm F

Спекшийся карбид кремния SSiC

Спекшийся карбид кремния возникает спеканием предварительно спрессованного очень тонкого гранулята SiC при температуре 2000°C, при этом образуются прочные связи между зернами материала. Сначала происходит сгущение решетки, затем снижение пористости, и наконец спекание связей между зернами. В процессе такой обработки возникает существенная усадка изделия – примерно на 20%. В результате такой обработки получается однофазный материал повышенной прочности, термостойкости и химической стойкости по сравнению с материалом SiSiC.

Варианты материала:
ROCAR® S1,
ROCAR® G5



материал	теплопроводность Вт/(мК)	удельная плотность г/см ³
ROCAR® Therm G	180	3,1
сталь	15	8
сплавы алюминия	230	2,8
медь	380	9

Карбид кремния ROCAR®

Материал для сложных деталей

Карбид кремния ROCAR® благодаря своим сбалансированным свойствам находит широкое применение во многих отраслях промышленности, энергетики, охраны окружающей среды, в пищевой промышленности, в фармакологии, а также в баллистической защите техники и людей.



Измерительное колесо для измерения параметров продуктов сгорания



Труба и часть арматуры для агрессивных сред и продуктов сгорания



Спиральный распылитель с фланцем для абразивных жидкостей

Скользящие кольца для механических уплотнений

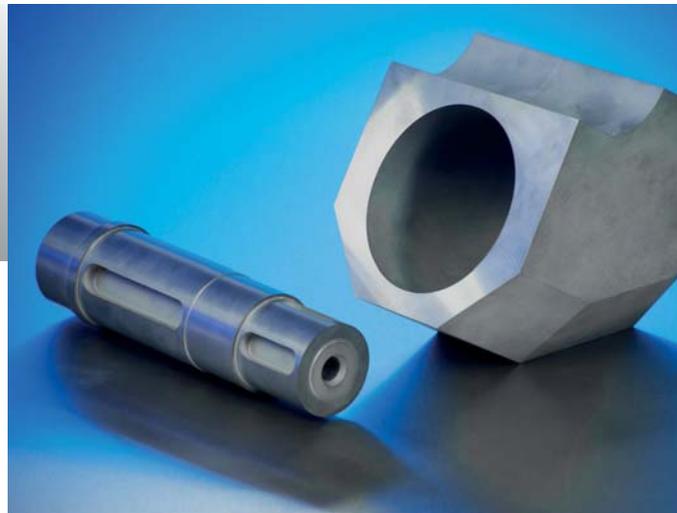
Карбид кремния благодаря своим исключительным свойствам является исходным материалом для трибологического использования. Мы специализируемся по производству скользящих колец для уплотнения компрессоров, газовых уплотнителей, гидравлических турбин, для корабельных двигателей, и других узкоспециализированных скользящих колец. Уникальным изделием являются монокристаллические кольца ROCAR® для уплотнения корабельных валов диаметром более 1 000 мм.

Подшипники скольжения

На насосы для высокоабразивных и химически агрессивных сред устанавливаются осевые и радиальные подшипники скольжения, изготовленные из материала ROCAR®. Часто это единственное возможное решение. Особенно выгодным является использование материала ROCAR® GS, содержащего графит, который улучшает скользящие свойства и стойкость подшипников в условиях с недостаточной смазкой. Материал также существенно снижает силу трения во время разгона насоса.

Распылители

Благодаря отличным химическим свойствам и стойкости к абразивным материалам в трудных условиях химической промышленности и в энергетике используются распылители из материала ROCAR® SiG и ROCAR® S1. В механизмах для удаления серы на угольных электростанциях устанавливаются спиральные или тангенциальные распылители с продолжительным сроком службы. Распылители поставляются с фланцем или с резьбой.



Баллистическая защита

Очень высокая твердость, механическая прочность, низкая удельная плотность и доступная цена относят карбид кремния, особенно версию SSiC, к современным материалам, используемым для конструирования баллистической защиты людей, транспортных средств и самолетов.

Детали машин и специальное производство

Карбид кремния используется в машиностроении в тех случаях, когда классические материалы перегружены, у них короткий срок службы или их нельзя использовать, например, в случае химической коррозии, абразивной среды, высоких температур или большой сжимающей нагрузки – во всех этих ситуациях карбид кремния существенно превосходит исходные материалы в т.ч. при комбинированных нагрузках. Материалы ROCAR® сертифицированы FDA для непосредственного контакта с пищевой продукцией.

Оптические приборы

Для несущих конструкций очень точных оптических приборов выгодно использовать карбид кремния ROCAR® в связи с его незначительным термическим расширением, низкой удельной плотностью и высокой твердостью.

Теплотехника

Материалы ROCAR® Therm G и F благодаря высокой теплопроводности пригодны для конструирования теплообменников в химической промышленности и оборудования для косвенного нагрева газов и жидкостей. Наконечники горелок из карбида кремния являются удачным решением для газовых печей. В энергетике используются такие материалы для наконечников угольных горелок, которые нагружаются как высокой температурой, так и абразивной угольной пылью.

Карбид кремния ROCAR®

Производственный процесс



С течением времени нам удалось провести оптимизацию производственного процесса различных материалов и мы достигли высокого стандарта надежности.

Благодаря освоению производственных технологий мы можем производить детали из материала SiSiC диаметром до 1000 мм и длиной до 950 мм. Размеры деталей из материала SiSiC ограничены диаметром 700 мм и длиной 700 мм.

Оптимальных результатов в проектировании изделий и систем мы достигаем благодаря тесному сотрудничеству с нашими заказчиками и использованию нашего опыта. В результате этого мы можем снижать производственные расходы.

Опытные образцы и прототипы мы изготавливаем и испытываем в нашем экспериментальном центре. Разработки ведутся вплоть до перехода к серийному производству.

Крупносерийное
производство

Мелкосерийное
(штучное) производство

Подготовка детали

Сухое
прессование

Изостатическое
прессование

Коксование

Зеленая обработка

Токарная обработка / фрезеровка

Инfiltrация
кремнием
(около 1600°C)

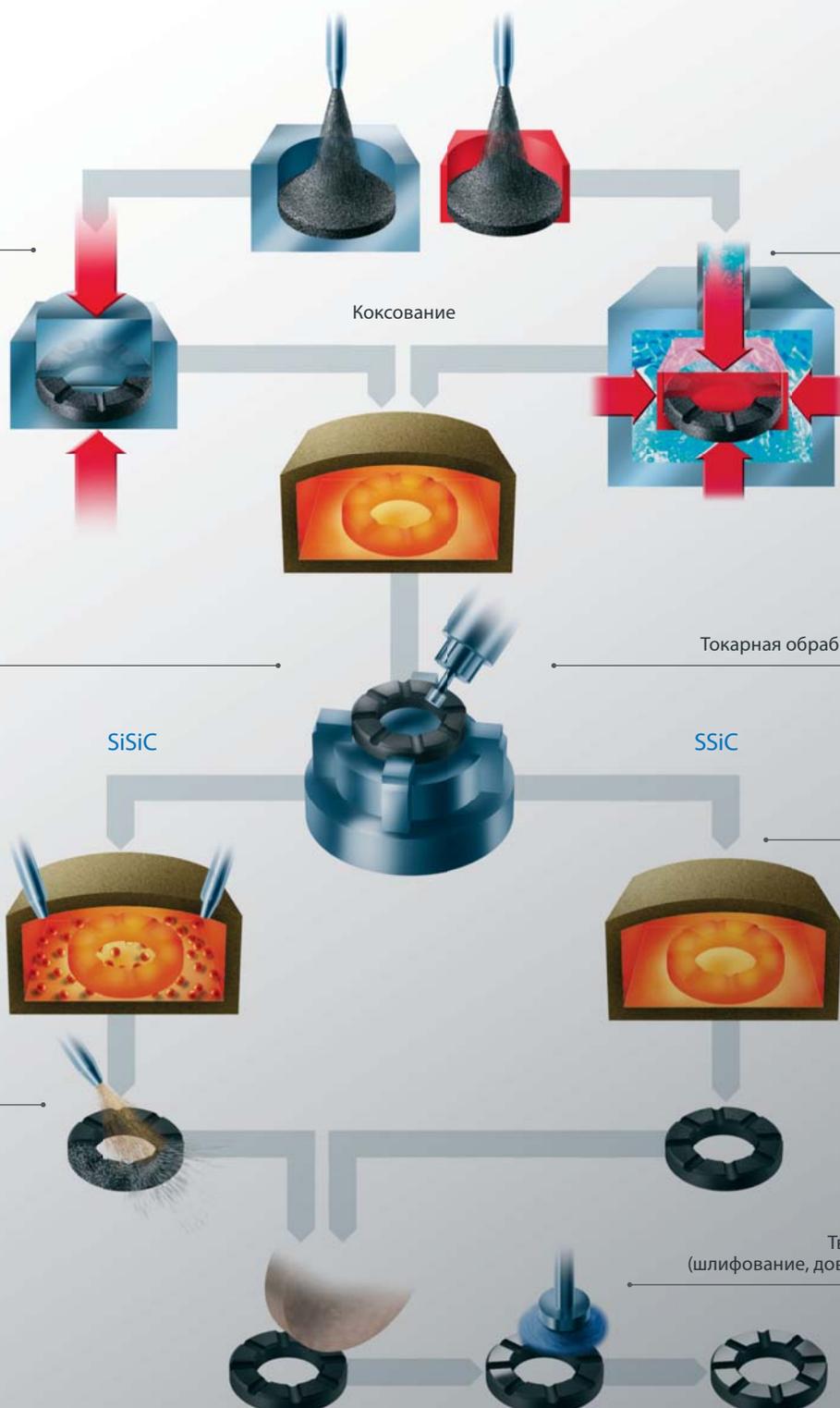
SiSiC

SSiC

Спекание
(около 2000°C)

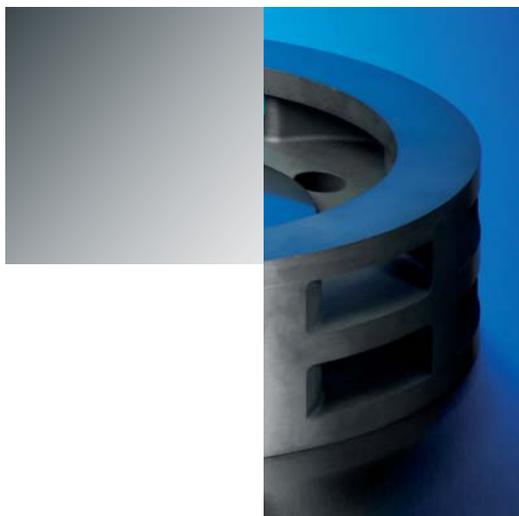
Пескоструйная
обработка

Твердая обработка
(шлифование, доводка, полировка)



Карбид кремния ROCAR®

Управляемое качество

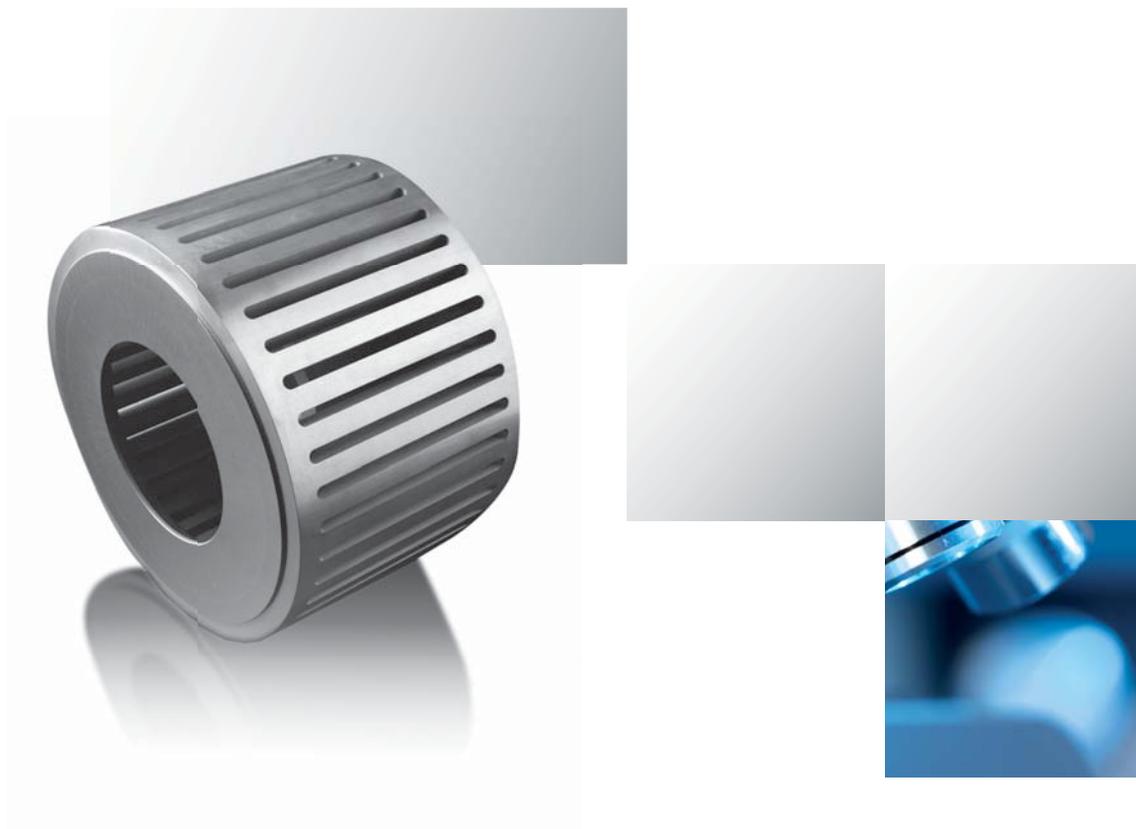


Исключительные характеристики наших материалов
и их использование непрерывно улучшаются в наших лабораториях,
что увеличивает наше технологическое преимущество.

В настоящее время в нашем распоряжении имеются передовые эволюционные и производственные целесообразные по затратам технологии.

Исходя из стандартов качества ISO 9001 и охраны окружающей среды ISO 14001, мы используем самые современные методы управления производством.

С помощью прогрессивных процессов и методов производства мы выполняем серийные заказы по спецификации клиента с такой же точностью, как и при мелкосерийном производстве, а также опытные детали.



Микроструктуры

ROCAR® SIG



ROCAR® SIF



ROCAR® S1



ROCAR® G5



Карбид кремния ROCAR®

Исключительные свойства

Карбид кремния –
чрезвычайно твердый
материал, обладающий
исключительной
термической
и коррозионной
стойкостью.

Благодаря его исключительным
свойствам скольжения и высокой
теплопроводности он является
идеальным трибологическим
материалом, главным образом
для динамических уплотнителей.

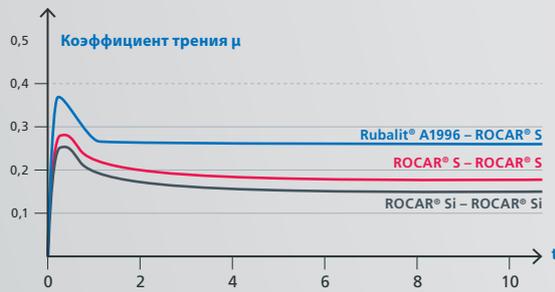
Марка	Материал	Удельная плотность	Закрытая пористость (приблизительно) ²⁾	Прочность при изгибе при 20°C	Прочность при сжатии	Модуль упругости Юнга	Твердость по Виккерсу HV 0,5	Ударная вязкость K _{IC}	Модуль Вайбулла	Постоянная Пуассона	
											Общие свойства
Единицы		г/см ³	Vol. [%]	МПа	МПа	ГПа		МПа m ^{1/2}			
Испытываемые величины		DIN EN 623-2		DIN EN 843-1	DIN 51067T1	DINV ENV 843-2	DINV ENV 843-4	DIN 51109	DINV ENV 843-5	DINV ENV 843-2	
Карбид кремния	ROCAR® S1	SSiC	3,15	2	410	3500	430	2300	4,1	> 10	0,17
	ROCAR® G5 Графит	SSiC	3,00	2	240	2000	360	2100	2,6	> 10	
	ROCAR® SiG	SiSiC / RBSiC	3,07	0	340	3500	380	двухфазный мат. ¹⁾	4	> 14	0,17
	ROCAR® SiF	SiSiC / RBSiC	3,07	0	350	3500	395	двухфазный мат. ¹⁾	4	> 14	0,17
	ROCAR® Therm G	SiSiC / RBSiC	3,07	0	340	3500	380	двухфазный мат. ¹⁾	4	> 14	0,17
	ROCAR® Therm F	SiSiC / RBSiC	3,07	0	350	3500	395	двухфазный мат. ¹⁾	4	> 14	0,17

¹⁾ HV 0,2 1200 (Si) / 2700 (SiC)

²⁾ ни один из материалов не обладает открытой пористостью (абсорбция воды 0%)

Трибологические условия в системе круг / круг: сравнение пар из разных материалов

Износ – соотношение низкий / высокий диапазон: сравнение различных материалов



SSiC

Материал SSiC стойкий ко всем химическим средам. В его структуре отсутствует какой-либо металлический кремний, поэтому его можно использовать при температурах до 1800 °C без понижения прочности. Наш новый ROCAR® S1 оптимизирован для крупносерийного производства с сухим прессованием, которое придает надежность процессу и снижает производственные затраты.

SiSiC

Материал SiSiC – исходные поры при обжиге заполняются металлическим кремнием. В связи с этим усадка при обжиге является минимальной. Максимальная температура использования – 1350 °C. В связи с содержанием металлического кремния материал непригоден для использования в сильнощелочных средах.

Теплопроводность при 20–100 °C	Коэффициент линейного теплового расширения при 20–200 °C	Коэффициент линейного теплового расширения при 20–400 °C	Коэффициент линейного теплового расширения при 20–600 °C	Коэффициент линейного теплового расширения при 20–1000 °C	Удельная теплоемкость Ср 20–100 °C	Удельная теплоемкость Ср 1000 °C	Удельное сопротивление 20 °C	Удельное сопротивление 400 °C	Удельное сопротивление 800 °C	Максимальная температура использования в окислительной среде	Максимальная температура использования в восстановительной или инертной среде	Код материала CeramTec CZ
Температурные и электрические свойства												
Вт/(мК)	10 ⁻⁶ K ⁻¹	KJ / кгK	KJ / кгK	Ω см	Ω см	Ω см	°C	°C				
DIN EN 821-2	DIN EN 821-1	DIN EN 821-1	DIN EN 821-1	DIN EN 821-1	DINV ENV 821-3	DINV ENV 821-3	IEC 672-1	IEC 672-1	IEC 672-1			
115	3	3,6	4,1	4,6	0,6		1,10 ³	< 10		1500	1800	333
104	4,1	4,4	4,5	4,9	0,7					1500	1800	350
115	3,4	4,1	4,4	4,9	0,7	1,3	< 1	0,024	0,034	1350	1350	678
120	3,8	4,3	4,5	4,9	0,7	1,3	< 1	0,035	0,055	1350	1350	780
180	3,9	4,2	4,3	4,7	0,8		0,018	0,027	0,037	1350	1350	685
190	4,1	4,3	4,4	4,8	0,8		0,055	0,062	0,053	1350	1350	785

Для представления отдельных материалов были использованы типичные величины. Кристаллическая структура этих материалов, статистические отклонения в их составе и влияние производственных процессов могут вызвать изменение параметров, следовательно вышеуказанные величины являются только информативными, обычными величинами, и их нельзя гарантировать.

Величины и свойства керамических материалов:

Коррозионная стойкость

SiSiC и SSiC

Среда	Концентрация раствора, %	SiSiC		SSiC	
		20 °C	50 °C	20 °C	50 °C
ацетон	концентрированный	+	+	+	+
хлорид алюминия	10	+	+	+	+
муравьиная кислота	концентрированный	+	+	+	+
аммиак	концентрированный	+	(+)	+	+
хлорид аммония	25	+	+	+	+
аммоний фтористый	20	(+)	0	+	+
нитрат аммония	50	+	+	+	+
бензол	концентрированный	+	+	+	+
борная кислота	холодный насыщенный раствор	+	+	+	+
окись калия	холодный насыщенный раствор	+	+	+	+
лимонная кислота	50	+	+	+	+
хром-серная кислота	концентрированный	+	+	+	+
хлористое железо	45	+	+	+	+
сульфат железа	25	+	+	+	+
ледяная уксусная кислота	концентрированный	+	+	+	+
этанол	концентрированный	+	+	+	+
этилацетат	концентрированный	+	+	+	+
фтористоводородная кислота	концентрированный, 40	(+)	0	+	+
фтористоводородная кислота + азотная кислота	концентрированный, 3:1	0	0	+	(+)
мочевина	холодный насыщенный раствор	+	+	+	+
гидроксид калия	30	0	0	+	(+)
гидроксид калия	20	(+)	0	+	0
хлорид калия	холодный насыщенный раствор	+	+	+	+
хромат калия	35	+	+	+	+
нитрат аммония	20	+	+	+	+
перманганат калия	5	+	+	+	+
царская водка	концентрированный, 3:1	+	+	+	+
хлорид меди	40	+	+	+	+
серноокислая окись меди	20	+	+	+	+
гидроокись лития	10	+	(+)	+	+
сульфат магния	4	+	+	+	+
метанол	концентрированный	+	+	+	+



Среда	Концентрация раствора, %	SiSiC		SSiC	
		20 °C	50 °C	20 °C	50 °C
смешанная кислота	концентрированный, 1:1	+	+	+	+
углекислый натрий	15	+	+	+	+
хлорид натрия	холодный насыщенный раствор	+	+	+	+
фтористый натрий	4	+	(+)	+	+
гипохлорит натрия	12,5 % свободного Cl	+	+	+	+
тетраборнокислый натрий (бура)	20	+	+	+	+
перекись натрия	10	+	+	+	+
фосфат натрия	10	+	+	+	+
сульфид натрия	50	+	+	+	+
тиосульфат натрия	40	+	+	+	+
едкий натр	10	(+)	0	+	(+)
едкий натр	30	0	0	+	0
олеиновая кислота	концентрированный	+	+	+	+
щавелевая кислота	холодный насыщенный раствор	+	+	+	+
фосфорная кислота	концентрированный, 85	+	+	+	+
фталевая кислота	спиртовой раствор	+	+	+	+
пропиоловая кислота	концентрированный	+	+	+	+
нитрат ртути	10	+	+	+	+
азотная кислота	концентрированный, 65	+	+	+	+
соляная кислота	концентрированный, 36	+	+	+	+
дымящая серная кислота (олеум)	30 свободный SO ₃	+	+	+	+
серная кислота	концентрированный, 98	+	+	+	+
серная кислота	50	+	+	+	+
сернистая кислота	5–6 свободный SO ₂	+	+	+	+
нитрат серебра	10	+	+	+	+
тетрахлорэтилен	концентрированный	+	+	+	+
тетрахлорметан	концентрированный	+	+	+	+
тетрафторборная кислота	концентрированный	(+)	(+)	+	+
перекись водорода	30	+	+	+	+
винная кислота	10	+	+	+	+
хлорид цинка	60	+	+	+	+

+ = коррозия отсутствует (+) = коррозия возможна 0 = коррозия встречается

CeramTec International

Germany

CeramTec GmbH
CeramTec Group Headquarters

CeramTec-Platz 1–9
73207 Plochingen
Germany (Германия)
Телефон +49 7153 611–0
Факс +49 7153 25421
E-mail info@ceramtec.de
Веб-сайт www.ceramtec.com

France

CeramTec GmbH
Bureau de Représentation en France

21, rue Clément Marot
75008 Paris
France (Франция)
Телефон +33 (0) 1 30 90 00 80
Факс +33 (0) 1 30 90 00 23
E-mail a.hainin@ceramtec.de
Веб-сайт www.ceramtec.fr
www.ceramtec.com

Great Britain

CeramTec UK Ltd.
CeramTec Subsidiary

Sidmouth Road Colyton
Devon EX24 6JP
United Kingdom (Великобритания)
Телефон +44 1297 552707
Факс +44 1297 553325
E-mail sales@ceramtec.co.uk
Веб-сайт www.ceramtec.co.uk

Italy

CeramTec Commerciale Italiana
CeramTec Subsidiary

Via Campagnola, 40
24126 Bergamo
Italy (Италия)
Телефон +39 035 322382
Факс +39 035 4243200
E-mail info@ceramtec.it
Веб-сайт www.ceramtec.it

Scandinavia

CeramTec Scandinavia
CeramTec Office
Klippan 1J
41451 Göteborg
Sweden (Швеция)
Телефон +46 31 124800
Факс +46 31 124803
E-mail a.hedlund@ceramtec.se
Веб-сайт www.ceramtec.se

Spain and Portugal

CeramTec Ibérica,
Innovative Ceramic Engineering, S.L.
CeramTec Subsidiary

Santa Marta, 23–25
08340 Vilassar de Mar (Barcelona)
Spain (Испания)
Телефон +34 93 7506560
Факс +34 93 7501812
E-mail info@ceramtec.es
Веб-сайт www.ceramtec.es

USA

CeramTec North America Corp.
CeramTec Subsidiary,
American Headquarters

One Technology Place
Laurens, SC 29360
United States of America (США)
Телефон +1 864 682–3215
Факс +1 864 682–1140
E-mail sales@ceramtec.com
Веб-сайт www.ceramtec.us

Russia

CeramTec Russia

1. Novokuznetsky per. 5/7–37
115184, Moscow
Russia (Россия)
Телефон +7 495 5439308
Факс +7 495 5439309
E-mail info@ceramtec.ru
Веб-сайт www.ceramtec.ru

China

CeramTec Suzhou Ltd.
CeramTec Subsidiary

428 Zhongnan Street
Suzhou Industrial Park
215026 Suzhou
People's Republic of China (Китай)

Телефон +86 512 62740788
Факс +86 512 62749190
E-mail nicole.nee@ceramtec.com.cn
Веб-сайт www.ceramtec.cn

Malaysia

CeramTec Innovative
Ceramic Engineering, (M) Sdn. Bhd.
CeramTec Subsidiary

Lot 17 & 18, Lorong Bunga Tanjung 3/1
Senawang Industrial Park
Negeri Sembilan
70400 Seremban
Malaysia (Малайзия)
Телефон +60 6 6779300
Факс +60 6 6779388
E-mail sales@ceramtec.com.my
Веб-сайт www.ceramtec.my

India

CeramTec India Innovative Ceramic
Engineering Pvt. Ltd.

506, Gera Imperium 2
EDC Patto Plaza
Panaji – Goa – 403 001
India (Индия)
Телефон +91 832 2970050
E-mail info@ceramtec.in
Веб-сайт www.ceramtec.in

Korea

CeramTec Korea Ltd.,
Innovative Ceramic Engineering

105–15, ShinWon-ro, Yeongtong-gu
Suwon City, 443–390
Korea (Корея)
Телефон +82 31 2040663
Факс +82 31 2040665
Веб-сайт www.ceramtec.kr

CeramTec Czech Republic, s.r.o.

Žerotínova 62
787 01 Šumperk
Česká republika (Чешская Республика)

Телефон +420 583 369 111
Факс +420 583 369 190
E-mail ceramtec@ceramtec.cz

www.ceramtec.cz