



SiC Heizung **SiC Heater**

SILIZIUMKARBID-WIDERSTÄNDE

SILICON CARBIDE RESISTORS

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

SiC-Heizelemente sind Siliziumkarbid-Heizelemente. SiC sind je nach Durchmesser stab- oder röhrenförmig. Sie haben einen zentralen Heizabschnitt, der als heiße Zone bezeichnet wird, und zwei Endabschnitte, die als kalte Enden bezeichnet werden. Es gibt zwei SiC-Typen:

- 1) Die kalten Enden sind mit Siliziummetall imprägniert – als ein Stück bezeichnet, und
- 2) Kaltenden mit niedrigem Widerstand, die an die heiße Zone ofengesweißt sind – bezeichnet als dreiteiliger oder LRE-Typ (Low Resistance End).

Dieses kalte Ende mit geringerem elektrischem Widerstand bewirkt, dass sie bei einer niedrigeren Temperatur arbeiten. Die Enden der Elemente sind mit Aluminium metallisiert, um eine Kontaktfläche mit niedrigem Widerstand bereitzustellen, an der die elektrischen Verbindungen unter Verwendung von geflochtenen Aluminiumbändern hergestellt werden. SiC-Widerstände werden durch Angabe der Baulänge, der Heizstreckenlänge und des Durchmessers beschrieben. Beispielsweise ist RI 43 x 24 x 1 a 43" insgesamt mit einer 24" heißen Zone und 1" im Durchmesser.

ÜBERLEGENE LEISTUNG

SiC-Widerstände bieten Ihnen aufgrund ihrer hohen Dichte – etwa 2,4 g/cm³ – eine hervorragende Leistung. Dies verleiht den SiC-Widerständen ein sehr langsames Alterungsverhalten und zusätzliche Festigkeit.

AUSTAUSCHBARKEIT

SiC-Widerstände sind austauschbar mit allen in Europa hergestellten Siliziumkarbid-Heizelementen sowie Heizelementen mit höherem Widerstand, die für den asiatischen und US-amerikanischen Markt hergestellt werden. Es ist wichtig, bei der Bestellung den elektrischen Nennwiderstand anzugeben. Bitte kontaktieren Sie uns, bevor Sie einen Ersatz versuchen. Länge bis zu 228 Zoll (5800 mm). Die maximale Länge der heißen Zone beträgt 166 Zoll (4216 mm).

GENERAL DESCRIPTION

SiC heating elements are silicon carbide heating elements. SiC are rod shaped or tubular depending on the diameter. They have a central heating section referred to as a hot zone and two terminal sections called cold ends. There are two SiC types:

- 1) The cold ends are impregnated with silicon metal -- referred to as one piece, and
- 2) low resistance cold ends which are furnace welded to the hot zone -referred to as a three piece or LRE (Low Resistance End) type.

This lower electrical resistance cold end causes them to operate at a lower temperature. The extremities of the elements are metallized with aluminum to provide a low resistance contact surface to which the electrical connections are made using braided aluminum straps.

SiC resistors are described by giving the overall length, the heating section length, and the diameter. As an example, RI 43 x 24 x 1 is a 43" overall with a 24" hot zone, and 1" in diameter.

SUPERIOR PERFORMANCE

SiC resistors will give you superior performance due to their high density -- approximately 2.4 gms/cc. This gives the SiC resistors very slow aging characteristics and additional strength.

INTERCHANGEABILITY

SiC resistors are interchangeable with all silicon carbide heating elements manufactured in Europe as well as higher resistance heating elements manufactured for the Asian and United States markets. It is important to provide the nominal electrical resistance when ordering to Please contact us, before attempting to substitute.

length up to 228 inches (5800mm). The maximum hot zone length is 166 inches (4216mm).

SIC-WIDERSTÄNDE FÜR INDUSTRIELLE ELEKTROÖFEN

SIC RESISTORS FOR INDUSTRIAL ELECTRIC FURNACES

BETRIEBSTEMPERATUREN

In einer Luft- oder Schutzatmosphäre aus Argon oder Helium kann das eine SiC-Stück bei Ofensteuertemperaturen bis zu 3100°F (1700°C), das dreiteilige bis zu 2600°F (1425°C) betrieben werden. Auf dem Siliziumcarbid befindet sich eine Schutzschicht aus Siliziumdioxid. Wasserstoff reduziert diese Beschichtung und verursacht eine Verschlechterung des SiC-Widerstands. Sehr trockener oder sehr nasser Wasserstoff beeinträchtigt die lange Lebensdauer. Anwendungen in Stickstoffatmosphäre sind auf 2500 °F (1370 °C) und 20 bis 30 Watt pro Quadratzoll (3,1 bis 4,6 Watt pro Quadratzentimeter) maximale Oberflächen-Wattbelastung begrenzt. Eine zu hohe Oberflächentemperatur führt zu einer Siliziumnitridreaktion. Um den SiC-Widerstand bildet sich eine thermisch isolierende Schicht, die zu sehr hohen Oberflächentemperaturen führt, die den Widerstand beschädigen.

ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN

Der Siliziumcarbid-Widerstand ist ein linearer Widerstandsheizler, der elektrische Energie in Wärmeenergie umwandelt – Joulesches Gesetz $W = I^2 \times R$, (W = Leistung in Watt, I = Strom in Ampere, R = Widerstand in Ohm). Die heiße Zone des SiC-Widerstands ist ein selbstgebundenes Siliziumcarbid. Die Gitterstruktur oder Bindungen, die das Siliziumcarbidkorn zusammenhalten, werden durch Rekristallisation des Siliziumcarbids bei sehr hohen Temperaturen gebildet. werden aus grünem Siliziumcarbid hergestellt, das als Halbleiter vom Typ überschüssiger Elektronen eingestuft wird. Der elektrische Widerstand eines SiC-Widerstands ist bei Raumtemperatur aufgrund geringfügiger Verunreinigungen, Eigenerwärmung und Kontaktwiderstand schwer zu messen. Auch das grüne Siliziumcarbid hat eine negative Widerstandstemperaturcharakteristik von Raumtemperatur bis etwa 1200°F (650°C). An diesem Punkt wird es positiv und bleibt dies über den gesamten normalen Betriebstemperaturbereich. Der Nennwiderstand des SiC-Widerstands wird bei der Kalibriertemperatur von 1071 °C (1960 °F) gemessen. Die Nennwiderstandswerte von SiC-Widerständen in Ohm pro Längeneinheit sind in Tabelle A angegeben.

ELEKTRISCHE LADEN

SiC-Widerstände sind nicht wie metallische Heizelemente auf eine bestimmte Wattleistung ausgelegt. Die Energiemenge, die ein SiC-Widerstand von elektrischer in Wärmeenergie umwandeln kann, hängt von der Umgebungstemperatur des Ofens und der Atmosphäre ab, in der der SiC-Widerstand betrieben wird. Bei der Berechnung der Leistungsfähigkeit eines SiC-Widerstands in Watt wird die Einheit der Ausgangsleistung in Watt pro Einheit der abstrahlenden Oberfläche verwendet. Abbildung 1 zeigt die empfohlene Wattbelastung für einen Quadratzoll oder Quadratzentimeter strahlender Oberfläche als Funktion der Ofentemperatur. Um die empfohlene Leistungsfähigkeit des SiC-Widerstands in Watt zu bestimmen, beginnen Sie mit Abbildung 1, wenn Sie die Ofentemperatur und die Atmosphäre kennen, in denen der SiC-Widerstand betrieben wird. Folgen Sie der Temperaturlinie, bis Sie die dicke schwarze Linie schneiden (wählen Sie die geeignete Linie entsprechend der Atmosphäre, in der der SiC-Widerstand betrieben wird). Lesen Sie die Belastung in Watt pro Quadratinheit der strahlenden Oberfläche ab, die auf den SiC-Widerstand angewendet werden kann. Um die Gesamtleistung zu ermitteln, die ein SiC-Widerstand unter diesen Bedingungen liefern könnte, multiplizieren Sie diesen Wert mit der strahlenden Oberfläche des SiC-Widerstands. Die abstrahlende Oberfläche errechnet sich aus Durchmesser mal Heizzonenlänge mal π (3.14).

Beispiel:

Bei 2750°F konnte der SiC-Widerstand auf 35 Watt pro Quadratzoll geladen werden. Daher könnte ein Widerstand mit einer Abstrahlfläche von 10 Quadratzoll 350 Watt liefern, während ein Widerstand mit einer Abstrahlfläche von 200 Quadratzoll 7000 Watt liefern könnte.

OPERATING TEMPERATURES

In an air or inert atmosphere of argon or helium the one SiC piece can be operated at furnace control temperatures up to 3100°F (1700°C), the three piece up to 2600°F (1425°C). There is a protective coating of silicon dioxide on the silicon carbide. Hydrogen reduces this coating and causes the SiC resistor to deteriorate. Very dry or very wet hydrogen is detrimental to long service life. Nitrogen atmosphere applications are limited to 2500°F (1370°C) and 20 to 30 watts per square inch (3.1 to 4.6 watts per square centimeter) maximum surface watt loading. Too high of a surface temperature will result in a silicon nitride reaction. A thermally insulative layer forms around the SiC resistor resulting in very high surface temperatures which damage the resistor.

ELECTRICAL FEATURES

The silicon carbide resistor is a linear type resistance heater that converts electrical energy to heat energy -- Joule's Law $W = I^2 \times R$, (W = power in watts, I = current in amperes, R = resistance in ohms). The SiC resistor hot zone is a self bonded silicon carbide. The lattice structure or bonds that hold the silicon carbide grain together are formed by recrystallizing the silicon carbide at very high temperatures. are manufactured of green silicon carbide that is classed as an excess electron type semiconductor. The electrical resistance of a SiC resistor is difficult to measure at room temperature due to minor impurities, self heating, and contact resistance. Also the green silicon carbide has a negative resistance temperature characteristic from room temperature to approximately 1200°F (650°C). It turns positive at this point and remains so throughout its normal operating temperature range. The nominal SiC resistor resistance is measured at the calibrating temperature of 1960°F (1071°C). The nominal resistance values of SiC resistors in ohms per unit of length are shown in Table A.

ELECTRICAL LOADING

SiC resistors are not sized to a specific wattage output like metallic heating elements. The amount of energy that a SiC resistor is capable of converting from electrical to heat energy depends on the ambient furnace temperature and atmosphere in which the SiC resistor is operating. When calculating the wattage capabilities of a SiC resistor, the unit of watts output per unit of radiating surface area is used. Figure 1 shows the recommended watt loading for a square inch or square centimeter of radiating surface as a function of furnace temperature. To determine the recommended wattage capabilities of the SiC resistor start with Figure 1, knowing the furnace temperature and atmosphere in which the SiC resistor will be operated. Follow the temperature line until you intersect the heavy black line (choosing the appropriate line according to the atmosphere in which the SiC resistor will be operating). Read the loading in watts per square unit of radiating surface that can be applied to the SiC resistor. To find the total amount of power one SiC resistor could supply under these conditions, multiply this value by the radiating surface of the SiC resistor. The radiating surface area is calculated by multiplying the diameter times the hot zone length times π (3.14).

Example:

At 2750°F the SiC resistor could be loaded to 35 watts per square inch. Therefore, a resistor with 10 square inches of radiating surface could supply 350 watts, whereas a resistor with 200 square inches of radiating surface could supply 7000 watts.

SiC-WIDERSTÄNDE FÜR INDUSTRIELLE ELEKTROÖFEN

SiC RESISTORS FOR INDUSTRIAL ELECTRIC FURNACES

(Bei 1500 °C könnte das SiC mit 6 Watt pro Quadratcentimeter belastet werden. Daher könnte ein SiC mit 100 Quadratcentimetern strahlender Oberfläche 600 Watt liefern, während ein SiC mit 2000 Quadratcentimetern strahlender Oberfläche 12.000 Watt liefern könnte.)

Beispiel strahlender Bereich:

Der RI 43 x 24 x 1 hat eine Heißzonenlänge von 24 Zoll bei einem Durchmesser von 1 Zoll. Die abstrahlende Oberfläche beträgt 24 x 1 x 3,14 oder 75,4 Quadrat Zoll.

(Der RI 1092 x 610 x 25 hat eine Heißzonenlänge von 610 mm und einen Durchmesser von 25 mm. Die abstrahlende Oberfläche beträgt 610 x 25 x 3,14 oder 47.885 mm², in Zentimeter umgerechnet 478 cm²).

ENERGIEVERSORGUNG

Im vorherigen Absatz haben wir erklärt, wie man die empfohlene Wattleistung der SiC-Widerstände berechnet.

Nun erklären wir, wie die elektrischen Anforderungen berechnet werden, um die empfohlene Leistung bereitzustellen.

Wenn Sie die Ausgangsleistung und den Widerstandswert der SiC-Widerstände kennen, haben Sie zwei Teile einer Gleichung mit drei Unbekannten.

Diese Gleichung ist $E = \sqrt{W \times R}$, (E = nominale Volllastspannung, W = Nennleistung des SiC in Watt, R = Widerstand des SiC in Ohm). Der Widerstand des SiC kann mit den Werten in Tabelle A berechnet werden.

Wenn Sie nach E auflösen, erhalten Sie die Spannung, die an einem Nenn-SiC-Widerstand erforderlich ist, um die gewünschte Ausgangsleistung zu liefern.

Beispiel: Ein SiC-Widerstand RI 43 x 24 x 1 hat einen Widerstand von 1,21 Ohm und 75 Quadrat Zoll Abstrahlfläche. Bei einer Belastung von 40 Watt pro Quadrat Zoll könnte dieses SiC 3000 Watt liefern. Zu finden die Nennspannung nach E auflösen.

$$E = \sqrt{W \times R}$$

$$E = \sqrt{3000 \times 1,21}$$

$$E = 60 \text{ Volt}$$

SiC-Widerstände können parallel, in Reihe oder in Kombination davon verbunden sein. Parallelverbindungen werden bevorzugt.

Bei einer parallelen Anordnung ist die Spannung über allen SiC gleich. In der Formel $W = E^2 \div R$, (W = Watt, E = Spannung, R = Widerstand) ist ersichtlich, dass je größer der Widerstand, desto geringer die Wattleistung. Die SiC-Widerstände in der Parallelschaltung mit dem niedrigsten Widerstand liefern mehr Wärmeenergie und arbeiten daher mit einer höheren Temperatur. Diese höhere SiC-Temperatur bewirkt, dass der Widerstand allmählich zunimmt, bis alle den gleichen Widerstand haben. Zu diesem Zeitpunkt sollten die SiC-Widerstände alle ungefähr die gleichen Widerstandswerte und Oberflächentemperaturen haben und daher im Gleichgewicht bleiben. Um den Netzwerkwiderstand einer Gruppe von SiC-Widerständen zu berechnen, kann die folgende Formel verwendet werden:

$$R_n = R \times S \div P \text{ (} R_n = \text{Netzwerkwiderstand, } R = \text{Widerstand von SiC,}$$

$$S = \text{Anzahl von in Reihe geschalteten SiC,}$$

$$P = \text{Anzahl Parallelschaltungen.)}$$

Beispiel: Acht SiC RI 43 x 24 x 1 (R = 1,21 Ohm)

2 in Reihe geschaltet (S = 2) und

4 parallele Gruppen (P = 4).

$$R_n = R \times S \div P$$

$$R_n = 1,21 \times 2 \div 4$$

$$R_n = 0,6 \text{ Ohm}$$

Um die Nennspannung zu berechnen, die erforderlich ist, um einen Satz SiC mit Strom zu versorgen, verwenden wir eine Kombination der in den beiden vorherigen Beispielen verwendeten Formeln. $E_n = \sqrt{W_t \times R_n}$, (E_n =

Netzennspannung, R_n = Netzwerkwiderstand, W_t = Gesamtleistung in Watt).

Beispiel: Acht SiC RI 43 x 24 x 1 (R = 1,21 Ohm) 2 in Reihe geschaltet, 4 Gruppen parallel. Jeder SiC liefert 3000 Watt. Gewicht = 8 x 3000 = 24.000 Watt

(At 1500°C the SiC could be loaded to 6 watts per square centimeter. Therefore, a SiC with 100 square centimeters of radiating surface could supply 600 watts, whereas a SiC with 2000 square centimeters of radiating surface could supply 12,000 watts).

Example of radiating area:

The RI 43 x 24 x 1 has a hot zone length of 24 in-ches on a diameter of 1 inch. The radiating surface area is 24 x 1 x 3.14, or 75.4 square inches.

(The RI 1092 x 610 x 25 has a hot zone length of 610mm and a diameter of 25mm. The radiating surface area is 610 x 25 x 3.14 or 47,885 square mm, converted to centimeters is 478 square centimeters).

POWER SUPPLY

In the previous paragraph we explained how to calculate the recommended wattage output of the SiC resistors.

Now we shall explain how to compute the electrical requirements to provide the recommended power.

Knowing the wattage output and the resistance of the SiC resistors, you have two parts of an equation with three unknowns.

This equation is $E = \sqrt{W \times R}$, (E = nominal full load voltage, W = rating of the SiC in watts, R = re-sistance of the SiC in ohms). The resistance of the SiC can be calculated using the values found in Table A.

When solving for E, you would obtain the voltage required on a nominal SiC resistor to provide the wattage output desired.

Example: A SiC resistor RI 43 x 24 x 1 has a re-sistance of 1.21 ohms and 75 square inches of radiating surface. Loading to 40 watts per square inch, this SiC could provide 3000 watts. To find the nominal voltage solve for E.

$$E = \sqrt{W \times R}$$

$$E = \sqrt{3000 \times 1,21}$$

$$E = 60 \text{ volts}$$

SiC resistors may be connected in parallel, series, or combination thereof. Parallel connections are preferred.

In a parallel arrangement the voltage across all the SiC is the same. In the formula $W = E^2 \div R$, (W = watts, E = voltage, R = resistance) it can be seen that the greater the resistance, the lower the wattage output. The SiC resistors in the parallel circuit with the lowest resistance will supply more heat energy and therefore operate at a higher temperature. This higher SiC temperature will cause it to gradually increase in resistance until all the have the same resistance. At this time the SiC resistors should all have approximately the same resistance values and surface temperatures and therefore remain in balance.

To compute the network resistance of a group of SiC resistors the following formula may be used:

$$R_n = R \times S \div P \text{ (} R_n = \text{network resistance, } R = \text{resi-stance of SiC,}$$

$$S = \text{number of SiC connected in a series,}$$

$$P = \text{number of parallel circuits.)}$$

Example: Eight SiC RI 43 x 24 x 1 (R = 1.21 ohms)

connected 2 in series (S = 2) and

4 parallel groups (P = 4).

$$R_n = R \times S \div P$$

$$R_n = 1.21 \times 2 \div 4$$

$$R_n = 0.6 \text{ ohms}$$

To compute the nominal voltage required to power a set of SiC, we shall use a combination of the formulas used in the two previous examples. $E_n = \sqrt{W_t \times R_n}$, (E_n = nominal network voltage, R_n = network resistance, W_t = total wattage output).

Example: Eight SiC RI 43 x 24 x 1 (R = 1.21 ohms) connected 2 in series, 4 parallel groups. Each SiC provides 3000 watts. $W_t = 8 \times 3000 = 24,000$ watts.

SiC-WIDERSTÄNDE FÜR INDUSTRIELLE ELEKTROÖFEN

SiC RESISTORS FOR INDUSTRIAL ELECTRIC FURNACES

Rn = 0,60 Ohm.
En = $\sqrt{Wt \times Rn}$
En = $\sqrt{24.000 \times 0,6}$
En = 120 Volt

Der Widerstandswert von SiC-Widerständen nimmt während ihrer Nutzungsdauer allmählich zu. Daher ist ein Mittel erforderlich, um die Energiezufuhr zum Brennofen oder Ofen auf einem Niveau zu halten, das ausreichend hoch ist, um die gewünschte Temperatur aufrechtzuerhalten. In der Vergangenheit wurden teure spannungsvariierende Geräte wie Transformatoren mit mehreren Stufen oder Sättigungsdrosseln für alle Anwendungen mit Ausnahme der sehr niedrigen Temperaturen empfohlen. SiC-Widerstände können direkt auf der Leitung (Festspannungen) bei Temperaturen bis zu 2400 °F (1315 °C) verwendet werden. Um die reduzierte Leistung bei allmählicher Alterung oder Widerstandszunahme der SiC-Widerstände zu kompensieren, wird der Ofen oder Brennofen zunächst um 25 % bis 50 % überlastet. Diese Art der Anordnung eliminiert die teuren spannungsverändernden Geräte und hat sich in vielen Anwendungen als sehr zufriedenstellend erwiesen. Es wird nicht empfohlen, wenn eine Feinsteuerung der Prozesstemperatur erforderlich ist. Angenommen, ein Ofen benötigt ungefähr 24.000 Watt, nachdem alle Wärmeverluste und Belastungsfaktoren berücksichtigt wurden. Eine Erhöhung dieser 24.000 um 25 % bis 50 % ergibt einen Wattbedarf zwischen 30.000 und 36.000 Watt.

Schaut man sich die vorherigen Beispiele noch einmal an, sieht man, dass 10 SiC RI 43 x 24 x 1 zwei in Reihe geschaltete, fünf parallele Gruppen an 120 Volt die 30.000 Watt liefern würden. Bei Verwendung von 12 SiC gleicher Größe läge die Leistung bei 36.000 Watt. Zwölf SiC, vier in Reihe geschaltet pro Phase bei 240 Volt, würden ein symmetrisches dreiphasiges 240-Volt-Netzwerk ergeben. Die Temperatur des Brennofens oder Ofens wird durch einen Aus-Ein-Regler geregelt. Wenn die SiC-Widerstände neu sind, werden sie nur für 24/30 oder mit Strom versorgt 24/36 Stunden.

Rn = 0.60 ohms.
En = $\sqrt{Wt \times Rn}$
En = $\sqrt{24,000 \times 0.6}$
En = 120 volts

The resistance of SiC resistors increases gradually during their useful life. Therefore, some means of keeping the power input to the kiln or furnace at a level sufficiently high to maintain the desired temperature is required. Historically, expensive voltage varying equipment such as multiple tap transformers or saturable re-actors were recommended for all but the very low temperature applications. SiC resistors can be used directly on the line (fixed voltages) at temperatures up to 2400°F (1315°C). To compensate for the reduced output as the SiC resistors gradually age or increase in resistance, the furnace or kiln is initially overpowered by 25% to 50%. This type of arrangement eliminates the expensive voltage varying equipment and has proven very satisfactory in many applications. It is not recommended when fine process temperature control is required. Assume a furnace will require approximately 24,000 watts after all heat losses and load factors have been considered. Increasing this 24,000 by 25% to 50% gives a wattage requirement of between 30,000 and 36,000 watts.

By taking another look at the previous examples it can be seen that 10 SiC RI 43 x 24 x 1 connected two in series, five parallel groups on 120 volts would supply the 30,000 watts. If 12 SiC of the same size were used, the output would be 36,000 watts. Twelve SiC connected four in series per phase on 240 volts would make a balanced three phase 240 volt network. The temperature of the kiln or furnace is controlled by an off-on controller. When the SiC resistors are new they will only be powered for 24/30 or 24/36 hours.

SIC-WIDERSTÄNDE FÜR INDUSTRIELLE ELEKTROÖFEN

SIC RESISTORS FOR INDUSTRIAL ELECTRIC FURNACES

Wenn der SiC-Widerstand zunimmt, werden sie für einen größeren Prozentsatz der Zeit eingeschaltet sein. Wenn ihr Widerstand auf einen Punkt angestiegen ist, an dem sie 24.000 Watt liefern, werden sie 100 % der Zeit eingeschaltet sein. Ein SCR (Silicon Controlled Rectifier) oder Thyristor kann ebenfalls verwendet werden. Für Anwendungen, bei denen eine genaue Temperaturregelung erwünscht ist und/oder für Temperaturen über 2400°F (1315°C) ist ein Gerät zur Erhöhung der Spannung zum erforderlich. Es gibt mehrere Methoden, um diese variable Spannungsquelle bereitzustellen:

- (1) Der Mehrfachstufentransformator ist am gebräuchlichsten, weil er normalerweise am billigsten ist. Die Sekundärseite des Transformators ist mit Abgriffen versehen, deren Anzahl normalerweise zwischen 10 und 36 variiert. Durch sorgfältige Auswahl der Spannungsabgriffe kann der korrekte Spannungsausgang entsprechend dem Widerstand der SiC-Hiderstände über ihre gesamte Lebensdauer erreicht werden.
- (2) Sättigungsdrosseln und Induktionsregler werden verwendet, um eine stufenlose Spannungsregelung bereitzustellen. Sie werden manchmal auch mit Transformatoren mit mehreren Stufen verwendet. Kondensatorsteuerungen werden selten verwendet. Sie werden natürlich dazu neigen, einen Leistungsfaktor zu verbessern, was ihre Verwendung in einigen Bereichen wünschenswert macht.
- (3) Siliziumgesteuerte Gleichrichter (SCR) sind mit den Fortschritten bei Halbleiterbauelementen ziemlich populär geworden.

Um die reduzierte Ausgangsleistung zu kompensieren, wenn der SiC-Widerstand zunimmt, ist ein Spannungsbereich erforderlich, der eine 100-prozentige Erhöhung des Widerstands kompensiert. Die folgende Formel kann verwendet werden, um Emax zu berechnen: $E_{max} = \sqrt{(Wt \times Rn)} \times 1,5$, (Emax = empfohlene maximale Spannung, die erforderlich ist, um die Erhöhung des Widerstands aufgrund von Alterung und Widerstandstoleranz zu kompensieren, Wt = Nennleistung des Transformators in Watt, Rn = Netzwerkwiderstand des SiC, 1,5 = minimaler Toleranzbereich die Verdoppelung des SiC-Widerstands und die Widerstandstoleranz von +20 %). Ein höherer Wert bietet eine etwas längere Nutzungsdauer.
 Beispiel: Der Transformator hat eine Nennleistung von 24 KVA und eine rechnerische Nenn-Vollastspannung von 120 Volt. (Rn = 0,6, Wt = 24.000).
 $E_{max} = \sqrt{(Wt \times Rn)} \times 1,5$
 $E_{max} = \sqrt{(24.000 \times 0,6)} \times 1,5$
 E max = 180 Volt

As the SiC increase in resistance they will be on for a greater percentage of the time. When they have increased in resistance to a point at which they supply 24,000 watts, they will be on 100% of the time. A SCR (silicon controlled rectifier) or thyristor can also be used. For applications where close temperature control is desired and/or for temperatures above 2400°F (1315°C) a device for increasing the voltage to the is required. There are several methods of providing this variable voltage source:

- (1) The multiple tap transformer is the most common, because it is usually the least expensive. The secondary of the transformer is provided with taps which usually vary in number from 10 to 36. By carefully selecting the voltage taps, the correct voltage output to match the resistance of the SiC resistors over their complete useful life can be made.
- (2) Saturable reactors and induction regulators are used to provide a stepless voltage control. They are also sometimes used with multiple tap transformers. Capacitor controls are used infrequently. They, of course, will tend to improve a power factor, which makes their use desirable in some areas.
- (3) Silicon controlled rectifiers, (SCR) have become quite popular with the advances in solid state de-vices.

To compensate for the reduced output as the SiC increase in resistance, a voltage range is required that will compensate for a 100% increase in the resistance. The following formula may be used to calculate Emax : $E_{max} = \sqrt{(Wt \times Rn)} \times 1,5$, (Emax = recommended maximum voltage required to compensate for increase in resistance due to aging and resistance tolerance, Wt = rating of transformer in watts, Rn = network resistance of the SiC, 1.5 = minimum margin to accommodate the doubling of the SiC resistance and the +20% resistance tolerance). A higher value will offer slightly longer usable service life.
 Example: The transformer is rated at 24 KVA and has a computed nominal full load voltage of 120 volts. (Rn = 0.6, Wt = 24,000).
 $E_{max} = \sqrt{(Wt \times Rn)} \times 1,5$
 $E_{max} = \sqrt{(24,000 \times 0,6)} \times 1,5$
 Emax = 180 volts

Tabelle A / Table A

RI SiC Dimension / Dimensions				** RI Elektrischer Widerstand / Electrical Resistance			
Durchmesser Diameter		* Max.Rec. Länge der heißen Zone Hot Zone Length		Ohms Heiße Zone Ohms Hot Zone		Ohms Kalte Zone Ohms Cold Ends	
mm	Inch	mm	Inch	Ohms / mm	Ohms / Inch	Ohms / mm	Ohms/Inch
10	3/8	355	14	0.01372	0.3486	0.000686	0.01743
11	7/16	355	14	0.01009	0.2563	0.000505	0.01282
13	1/2	560	22	0.00773	0.1963	0.000387	0.00982
16	5/8	610	24	0.00497	0.1262	0.000248	0.00631
19	3/4	863	34	0.00341	0.0865	0.000170	0.00433
25	1	1220	48	0.00197	0.0500	0.000098	0.00250
32	1-1/4	1524	60	0.00134	0.0343	0.000067	0.00171
35	1-3/8	1524	60	0.00106	0.0270	0.000053	0.00135
38	1-1/2	1727	68	0.00092	0.0234	0.000046	0.00117
45	1-3/4	1981	78	0.00065	0.0165	0.000032	0.00082
54	2-1/8	4216	*166	0.00059	0.0150	0.000030	0.00075
70	2-3/4	4216	*166	0.00029	0.0073	0.000020	0.00052

Nennen Sie I Squared R für besonders hohe Widerstandswerte oder für heiße Zonen, die länger als die aufgeführten sind.
 * Heiße Zonen, die länger als 78 Zoll sind, haben eine Schweißnaht in der heißen Zone.
 ** Alle Widerstandswerte sind +/-20 %

Call I Squared R for special high resistance values or for hot zones longer than those listed.
 * Hot zones longer than 78 inches will have a weld in the hot zone.
 ** All resistance values are +/-20%

SIC-WIDERSTÄNDE FÜR INDUSTRIELLE ELEKTROÖFEN

SIC RESISTORS FOR INDUSTRIAL ELECTRIC FURNACES

Die nominelle Volllastspannung und die maximale Spannung wurden berechnet. Bei der Spezifikation des Trafos wird die Nennvolllastspannung üblicherweise um 5 % bis 10 % reduziert, um die Widerstandstoleranz des SiC-Widerstands von minus 20 % zu berücksichtigen. Außerdem sind normalerweise Niederspannungsabgriffe für Leerlauf und langsames Aufheizen vorgesehen.

Um die Mindestspannung zu berechnen, nehmen Sie 70 % der Nennspannung. Nehmen Sie für periodische Anwendungen 30 % der Nennvolllastspannung. Spartransformatoren können verwendet werden, wenn die Primärspannung 230 Volt oder weniger beträgt. Sie sollten nicht in einer dreiphasigen Anordnung verwendet werden. Die anerkannte Praxis begrenzt die Sekundärspannung aller Transformatoren auf 300 Volt. Oberhalb dieser Refraktärspannungsleckage wird ein Problem. Bei der Berechnung der Größe der Spannungssprünge zwischen den Abgriffen wird häufig ein Wert von 5 % der Nennspannung bei Volllast verwendet. Wenn SCR- oder Thyristorsteuerungen auf der Primärseite verwendet werden, sind weniger Abgriffe erforderlich. Wenn beispielsweise 6 Abgriffe verwendet werden, kann der Leerlaufabgriff das 0,7-fache der Nennspannung betragen, dann wäre jeder nachfolgende Abgriff 14 % höher. Bei 8 Anzapfungen wäre die Leerlaufanzapfung wieder 0,7 x Nennspannung, wobei jede aufeinanderfolgende Anzapfung um 9,1 % höher ist als die vorhergehende.

EINFACHER AUSTAUSCH

SiC-Widerstände können bei betriebswarmem Ofen ausgetauscht werden. Die Stromzufuhr zu den auszutauschenden SiC-Widerständen sollte abgeschaltet, die Federklemmen und das Aluminiumgeflecht gelöst und das alte SiC entfernt werden. Das neue SiC sollte gleichmäßig und mit ausreichender Geschwindigkeit durch den heißen Ofen eingeführt werden, um sicherzustellen, dass das Aluminium nicht vom Anschlussende abgeschmolzen wird, aber nicht so schnell, dass es zu einem Wärmeshock kommt.

LEBENSDAUER

SiC-Widerstände nehmen mit zunehmendem Gebrauch allmählich an Widerstand zu. Diese Eigenschaft der Erhöhung des Widerstands wird als Alterung bezeichnet. Das Altern ist eine Funktion von:
Betriebstemperatur

Elektrische Belastung (normalerweise ausgedrückt in Watt pro Quadrat Zoll oder Watt pro Quadratmeter der abstrahlenden SiC-Oberfläche)

Atmosphäre

Art des Betriebs (kontinuierlich oder intermittierend)

Betriebs- und Wartungstechniken

MONTAGE

Für die Einbaulage von SiC-Widerständen gibt es keine Einschränkungen, obwohl die horizontale und vertikale Einbaulage die üblicheren sind. Bei der Montage ist äußerste Vorsicht geboten, um sicherzustellen, dass das SiC nicht unter Spannung gesetzt wird. Es sollte ausreichend Spielraum vorhanden sein, damit sich der Ofen und die SiC-Widerstände unabhängig voneinander ausdehnen und zusammenziehen können.

Bei vertikaler Montage von SiC-Widerständen müssen diese am unteren Ende durch elektrisch isolierte Stützen gestützt werden.

SiC-Widerstände sollten ihre Heizabschnitte in der Ofenkammer zentriert haben, so dass kein Teil des Heizabschnitts in die Ofenwand hineinreicht. Eine konische oder kegelförmige Vertiefung mit einer Tiefe von 1/2 Zoll (13 mm) befindet sich manchmal an jeder Innenwand, wo das SiC hindurchtritt. Dadurch kann die heiße Zone richtig strahlen und hilft, eine gleichmäßige Temperatur im Ofen aufrechtzuerhalten.

OFFEN HEIZKAMMER

Die Abmessung der beheizten Kammer des Ofens, die das SiC überspannt, kann die gleiche sein wie die Länge der heißen Zone des SiC, wie durch den SiC-Widerstand unter der Last in Abbildung 3 gezeigt. Alternativ kann die Abmessung der Ofenheizkammer, die das SiC überspannt, kann ein Zoll (25 mm) weniger als die effektive Erwärmungslänge des SiC sein. In diesem Fall muss für den SiC-Widerstand oberhalb der Beschickung eine 45° konische Aussparung in der Ofenwand vorhanden sein, wie in Bild 3 dargestellt. Empfohlene Anschlusslochdurchmesser für verschiedene feuerfeste Wände und SiC-Größen sind in Tabelle B aufgeführt.

Sollte nicht näher als zwei Durchmesser voneinander oder anderthalb Durchmesser an einer Wand oder einem anderen reflektierenden Körper platziert werden. Wenn der die Wärmeenergie nicht gleichmäßig in alle Richtungen abführen kann, kann es zu lokaler Überhitzung und möglichen Ausfällen kommen.

The nominal full load voltage and maximum voltage have been computed. When specifying the transformer the nominal full load voltage is usually reduced by 5% to 10% to allow for the minus 20% resistance tolerance of the SiC resistor. Also, lower voltage taps are usually provided for idling and slow heatups.

To calculate the minimum voltage, take 70% of the nominal voltage. For periodic applications, take 30% of the nominal full load voltage. Auto transformers may be used if primary voltage is 230 volts or less. They should not be used in a three phase arrangement. Accepted practice limits the secondary voltage on all transformers to 300 volts. Above this refractory voltage leakage becomes a problem. When computing the size of the voltage steps between taps, a value of 5% of the nominal full load voltage is often used. When SCR or thyristor controls are used on the primary, fewer taps are required. For example, if 6 taps are used, the idling tap can be 0.7 x nominal voltage, then each consecutive tap would be 14% higher. For 8 taps, the idling tap would again be 0.7 x nominal voltage, each consecutive tap at 9.1% higher than the preceding.

EASE OF REPLACEMENT

SiC resistors can be replaced while the furnace is at operating temperature. The power to the SiC resistors being changed should be shut off, the spring clips and aluminum braid released, and the old SiC removed. The new SiC should be inserted smoothly through the hot furnace with sufficient speed to insure that the aluminum is not melted off the terminal end but not so fast as to cause thermal shock.

SERVICE LIFE

SiC resistors increase gradually in resistance with use. This characteristic of increasing in resistance is called aging. Aging is a function of the following:

Operating temperature

Electrical loading (usually expressed in watts per square inch or watts per square centimeter of SiC radiating surface)

Atmosphere

Type of operation (continuous or intermittent)

Operating and maintenance techniques

MOUNTING

There are no restrictions on the mounting positions of SiC resistors, although the horizontal and vertical positions are the more common. Extreme caution should be used when mounting to ensure that the SiC are not placed in tension. There should be adequate freedom to allow for the furnace and SiC resistors expand and contract independently. When mounting SiC resistors vertically they must be supported on the lower end by electrically insu-lated supports.

SiC resistors should have their heating sections centered in the furnace chamber so that no portion of the heating section extends into the furnace wall. A conical or truncated cone shaped recess 1/2 inch (13mm) deep is sometimes located on each interior wall where the SiC passes through. This allows the hot zone to radiate properly and helps maintain a uniform temperature in the kiln.

FURNACE HEATING CHAMBER

The furnace heated chamber dimension, which the SiC spans, can be the same as the hot zone length of the SiC as shown by the SiC resistor under the load in Figure 3. Alternately the furnace heating chamber dimension, which the SiC spans, can be one inch (25mm) less than the effective heating length of the SiC. In this case there must be a 45° conical recess in the furnace wall as shown in Figure 3 for the SiC resistor above the load. Recommended terminal hole diameters for various refractory walls and SiC sizes are shown in Table B.

Should not be placed closer than twodiameters to each other or one and one half diameters to a wall or other reflecting body. If the is not able to dissipate heat energy equally in all directions, it may cause local overheating and possible failure.

Tabelle B Empfohlene minimale feuerfeste Lochgröße						Table B Recommended Minimum Refractory Hole Size																	
Minimaler Lochdurchmesser basierend auf der feuerfesten Wandstärke												Minimum Hole Diameter Based on Refractory Wall Thickness											
Durchmesser Diameter		100	150	200	300	400	3	5	6.5	9	13.5												
mm	Inch	mm	mm	mm	mm	mm	Inch	Inch	Inch	Inch	Inch												
10		3/8		15	15		16		9/16	9/16		5/8											
11		7/16		16	17		18		20	5/8	11/16	11/16	3/4										
13	1/2	18	19	20	22	--	11/16	3/4	3/4	13/16	--												
16	5/8	21	22	23	25	--	13/16	7/8	7/8	15/16	--												
19	3/4	25	25	26	28	--	15/16	1	1	1-1/16	--												
25	1	31	32	33	35	37	1-3/16	1-3/16	1-1/4	1-1/4	1-7/16												
32	1-1/4	38	39	40	42	44	1-1/2	1-1/2	1-9/16	1-9/16	1-11/16												
35	1-3/8	41	42	43	45	47	1-5/8	1-5/8	1-11/16	1-11/16	1-13/16												
38	1-1/2	44	44	46	48	50	1-3/4	1-3/4	1-13/16	1-7/8	1-15/16												
45	1-3/4	51	52	53	55	57	2	2-1/16	2-1/16	2-1/8	2-3/16												
54	2-1/8	61	62	63	65	67	2-3/8	2-7/16	2-7/16	2-1/2	2-9/16												
70	2-3/4	79	79	79	81	83	3-1/8	3-1/8	3-1/8	3-3/16	3-1/4												

SPEZIFIKATIONEN UND ZUSAMMENPASSUNG

SiC-Widerstände haben eine Fertigungstoleranz von plus oder minus 20 % auf den Nennwiderstand. Alle SiC-Widerstände werden vor dem Versand mindestens zweimal kalibriert, um sicherzustellen, dass sie den Spezifikationen entsprechen. Die kalibrierte Stromstärke jedes SiC-Widerstands ist auf dem Karton und am rechten Ende jedes SiC angegeben. Ordnen Sie beim Einbau SiC-Widerstände mit Stromstärkewerten möglichst nahe beieinander an. Eine längere Lebensdauer wird erreicht, wenn in Reihe geschaltete SiC-Widerstände im Widerstand angepasst werden. SiC-Widerstände werden so gut wie möglich aufeinander abgestimmt geliefert.

VERFÜGBARKEIT

SiC-Widerstände können ab Lager oder zwei bis drei Wochen nach Auftragseingang versandt werden.

BENUTZERDEFINIERTER KONFIGURATIONEN

Sondergrößen und -formen sind erhältlich. Kalte Enden können unterschiedlich lang sein. Dies wäre beispielsweise für Öfen mit gewölbten Dächern anwendbar, die längere kalte Enden durch das Dach und kürzere durch den Boden erfordern. Eine weitere Modifikation ist eine Heißzone mit zwei Temperaturen. Dies wäre beispielsweise hilfreich, um zusätzliche Wärmeenergie in den unteren, dichter beschickten Tunnelofen zu bringen. Während diese spezielle modifizierte heiße Zone keinen bestimmten Temperaturunterschied erzeugt, bietet sie eine bequeme Möglichkeit, mehr Wärmeenergie in einen bestimmten Bereich eines Ofens zu bringen.

Der hier gezeigte rechte Winkel (RA) hat alle elektrischen Eigenschaften des RI. Die kalten Enden werden senkrecht zur heißen Zone angebracht. Der RA wird normalerweise mit dem kalten Ende durch die Decke des Ofens installiert.

SPECIFICATIONS AND MATCHING

SiC resistors have a manufactured tolerance of plus or minus 20% on the nominal resistance. All SiC resistors are calibrated at least twice prior to shipping to ensure their being within specifications. The calibrated amperage of each SiC resistor is marked on the carton and right hand end of each SiC. When installing, arrange SiC resistors with amperage values as close to each other as available. Longer service life will be obtained when series connected SiC resistors are matched in resistance. SiC resistors are shipped as closely matched as possible.

AVAILABILITY

SiC resistors can be shipped from stock, or two to three weeks after receipt of an order.

CUSTOM CONFIGURATIONS

Special sizes and shapes are available. Cold ends can be different lengths. This, for example, would be applicable for furnaces with arched roofs that require longer cold ends through the roof and shorter through the floor. Another modification is a two-temperature hot zone. This, for example, would be helpful to get additional heat energy into the lower, more densely loaded tunnel kiln. While this special modified hot zone will not create a specific temperature differential, it does offer a convenient way to get more heat energy into a specific area of a furnace.

The right angle (RA) shown here, has all the electrical characteristics of the RI. The cold ends are attached perpendicular to the hot zone. The RA is normally installed with the cold end through the roof of the furnace.

Unser komplettes Sortiment an Heizelementen aus Siliziumkarbid

Our complete range of heating elements in silicon carbide

Dreiteilige gerade Heizelemente SIC-Stäbe

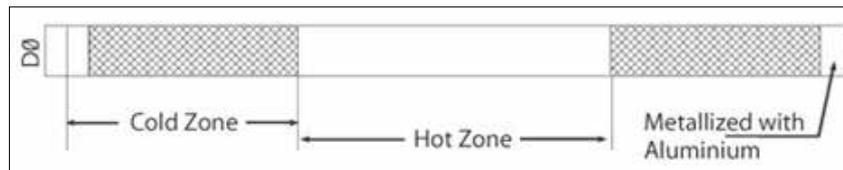
Die dreiteiligen geraden SIC-Heizelemente haben kalte Enden mit niedrigem Widerstand geschweißt (LRE). Diese Enden sind kühler als alle anderen einteiligen kalten Enden. Die maximale Temperatur der Stäbe beträgt 1550 °C, und für eine bessere Energieeffizienz wird die Wärme im Ofen konzentriert, nicht an den Enden der Stäbe.

Mit dem höchsten Heiß:Kalt-Verhältnis von 1:40 sind diese Stäbe eine der effizientesten Siliziumkarbid-Heizungen.

Three Piece Straight Heating Elements SIC Rods

The Three Piece Straight heating elements SIC Rods have low resistance welded (LRE) cold ends. These ends are cooler any other one piece cold ends. The maximum featured temperature of the rods is 1550°C and for better energy efficiency, heat is concentrated in the furnace, not on the ends of the rods.

With the highest Hot: Cold ratio of 1:40, these rods make one of the most efficient Silicon Carbide Heaters.

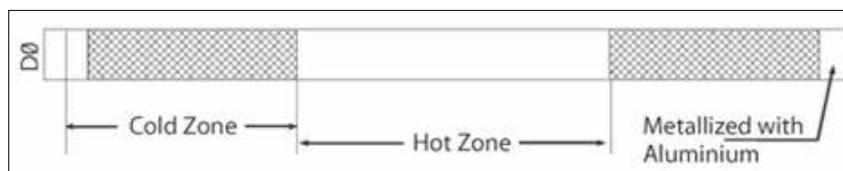


Reaktionsgebundene einzelne spiralförmige Heizelemente

Das reaktionsgebundene Siliziumkarbid wird bei der Herstellung von SPIRAL-Siliziumkarbid-Heizelementen verwendet. Diese sind in verschiedenen Größen von 12 mm bis 50 mm Durchmesser und 2250 mm Länge erhältlich. Sie sind spiralförmige Heizelemente, geformt in einer dünnwandigen und feinkörnigen Form aus reaktionsgebundenem Siliziumkarbid. Diese halten hohen elektrischen Belastungen, schnellen Aufheiz- und Abkühlzyklen sowie Temperaturschocks stand. Passend zu verschiedenen Erwärmungsprozessen sind die Elemente in unterschiedlichen Formen erhältlich.

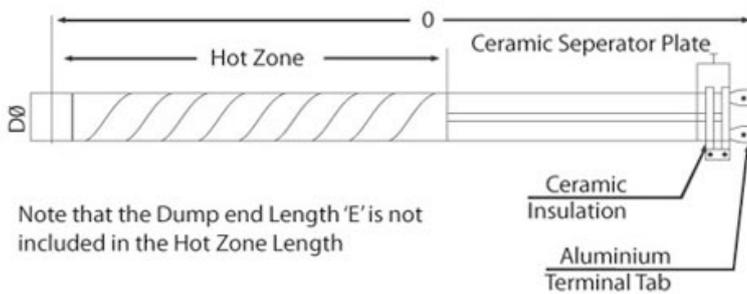
Reaction Bonded Single Spiraled Heating Elements

The Reaction Bonded Silicon Carbide is used in the fabrication of SPIRAL Silicon Carbide heating Elements. These are available in different sizes ranging from 12mm to 50mm in diameters and 2250mm in length. They are spiraled heating elements, shaped in a thin wall and finely grained form of reaction bonded silicon carbide. These can withstand high electrical loads, rapid heating & cooling cycles and thermal shocks. To suit various heating processes, the elements are available in different forms.



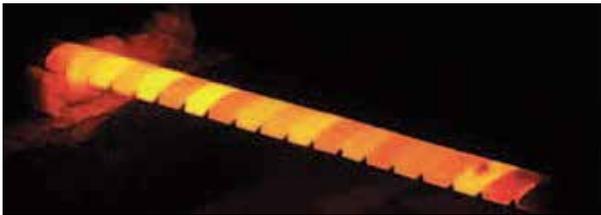
Reaktionsgebundenes, doppelt spiralförmige Heizelemente

Reaction Bonded Double Spiraled Heating Elements



Die reaktionsgebundenen, doppelt spiralförmigen Heizelemente besitzen alle Klemmenverbindungen an einem Ende mit einer Dichte von 3,3 g/cm³ ? 3,4 g/cc. Diese Elemente sind ideal für Bedingungen, bei denen der Zugang zum Ofen auf eine Ebene beschränkt ist.

The Reaction Bonded Double Spiraled Heating Elements possess all the terminal connections at one end with the density of 3.3 Gms./cc ? 3.4 Gms./cc. These elements are ideal in the conditions, where the furnace access is limited to any one plane.

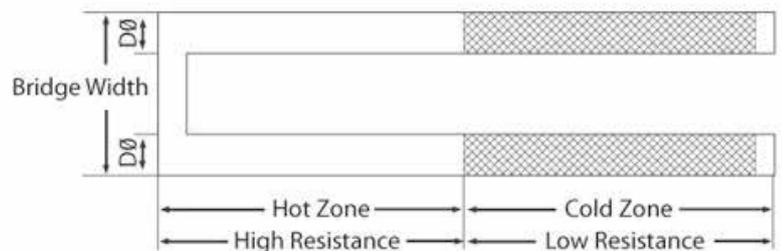


U-förmige Heizelemente SIC-Stäbe

Die U-förmigen Heizelemente sind die SIC-Stäbe, die von beiden Anschlüssen in Form einer verdickten Brücke verbunden sind. Diese Stäbe sind ideal für Bedingungen, bei denen ein einzelner Stab die Heizkammer nicht überspannen kann. Außerdem sind diese Ruten auch gut für Strahlrohrsysteme und Drop-Through-Designs.

U-Shaped Heating Elements SIC Rods

The 'U' Shaped heating elements are the SIC rods that are joined from both the terminals in a form of thickened bridge. These rods are ideal for the conditions where one single rod is not able to span the heating chamber. Further, these rods are also good for radiant tube systems and drop through designs.

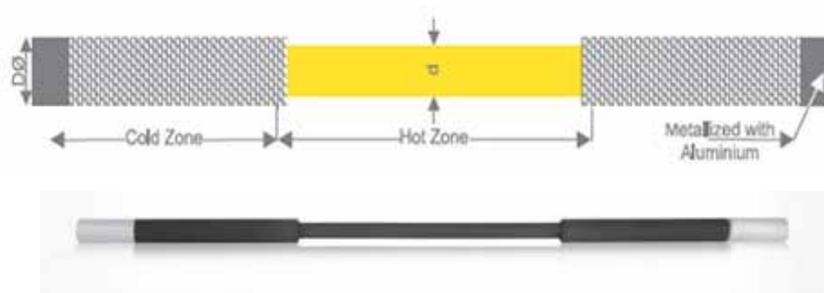


Trommel (oder Hantel) Siliziumkarbid-Heizelementen

Die vergrößerten kalten Enden der Heizelemente geben ihnen den Namen Hantelförmige Siliziumkarbid-Heizelemente. Die kalten Enden der Elemente verringern den elektrischen Widerstand und helfen bei der Erhöhung des Kaltende Abschnitts, der wiederum die Betriebstemperatur des kalten Endes senkt. In den modernen Hantel-Alpha-Ruten, die fortschrittliche Technologie wird verwendet für die Enden der Anschlüsse kühl halten, somit entfallen die überdimensionierten kalten Enden erforderlich. Das Widerstandsverhältnis im alten Stil betrug 1:3. Das neue Widerstandsverhältnis beträgt 1:40. Die maximale Temperatur beträgt 1550 C° (Für Abmessungen, Beständigkeit usw. kontaktieren Sie uns bitte):

Drum (or dumbbell) shaped Silicon Carbide Heating Elements tamburo

The enlarged cold ends of the heating elements give them the name of Dumbbell Shaped Silicon Carbide Heating Elements. The cold ends of the elements lower down the electrical resistance and helps in increasing the cold end cross section that is turn lowers the cold end operating temperature. In the modern dumbbell alpha rods, the advanced technology is used for keeping the ends of the terminals cool, thus the over sized cold ends are no longer required. Old style resistance ratio was 1:3. New resistance ratio is 1:40. Maximum temperature is 1550 C° (For Dimensions, Resistance, etc. kindly contact us):



Unser Qualitätsanspruch

Im Mittelpunkt der Firmenphilosophie stehen

- Hohe Qualität,
 - Kompetente Beratung der Kunden sowie
 - Der ständige Ausbau der Forschungs- und Entwicklungskapazitäten,
- * Für Satz- und Druckfehler wird keine Haftung übernommen
* Änderungen Vorbehalten



Our quality standards

The focus of the company philosophy

- High quality,
 - Competent advice to customers as well
 - The constant expansion of research and development capacities,
- * No liability is assumed for typographical and printing errors
* Subject to change



ELKUME e.U, Am Graben 8, 2011 Unterhautzentral, Österreich
Tel. +43 (0)676 78 22 974 office@elkume.at www.elkume.at