



Elektroluks Electrolux Bitola

Ovoј crtez e sopstvenost na Electrolux-Bitola. Bez negovo pismeno odobruvanje istof nesmee da se prepisiva, umozuva nifi kopira bez soglasnost od Electroluks vo sprovifno se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od kriticniot zakon R.M. (povreda na avtorsko pravo)

Das zu erreichende Ergebnis im Werkzeug, in der Maschine oder im Gerät sowie die Umgebung und der Arbeitstakt bestimmen die Art und Ausführung des Heizelementes. Um möglichst schnell ein effizientes Ergebnis erzielen zu können, sind die Angaben zu folgenden Fragen wichtig:

- Was ist zu erwärmen?
- Wieviel ist zu erwärmen?
- In welcher Aufheizzeit ist es zu erwärmen?
- Gibt es bereits Gedanken zur Erwärmungseinheit (z.B. Werkzeug, Gerät)?
- Welche Betriebsspannung ist vorhanden?
- Welche Spannung ist für die Heizelemente vorgesehen?
- Bis zu welchem max. Strom können Anschlüsse und Anschlußleitungen belastet werden?
- Wie hoch ist der Leistungsbedarf ca.?
- Welche Art und Länge der Anschlußleitungen sind vorgesehen?
- Wieviel und welche Heizelemente pro Einheit werden benötigt?
- Ist eine Temperaturregelung vorgesehen? Wenn ja, welche und wie?

Im weiteren Vorgehen werden zur Ermittlung der Heizleistung folgende Werte benötigt:

- Temperaturerhöhung des Mediums in der gewählten Aufheizzeit.
- Temperaturerhöhung der Werkzeug- oder Maschinenteile in der gewählten Aufheizzeit und/oder während des Betriebes in Kelvin [K] ($0^{\circ}\text{C} = 273,15\text{K}$).
- Es ist zu berücksichtigen: Durch Verdoppelung der Anheizzeit wird die Heizleistung halbiert.
- Wärmeverluste durch Leitung und Strahlung.
- Einzelleistung = Gesamtleistung / Anzahl Heizelemente

1. Allgemeines

Ein heißer Tip:

Unsere Berechnungsgrundlagen ermöglichen Ihnen einen kleinen Einblick in die Grundlagen der Elektrowärmetechnik. Als Hilfe für die Auslegung Ihrer thermischen Prozesse können wir hier nur Hinweise und Empfehlungen geben, Rechtsansprüche können hieraus nicht abgeleitet werden.

Wenn es Ihnen „zu heiß“ wird“, erarbeiten unsere qualifizierten technischen Mitarbeiter gerne gemeinsam mit Ihnen eine möglichst präzise und auf Ihre speziellen Anforderungen zugeschnittene Beheizungslösung.

Ob Wendelrohrpatronen, Hochleistungsheizpatronen, Luftstromerhitzer, Temperaturregelgeräte und Temperaturfühler, Rohr- und Flachheizkörper oder das entsprechende Zubehör - hotset bietet für eine Vielzahl von Branchen und industriellen Anwendungen ein ausgereiftes Komplettprogramm.

Sie können detaillierte Prospektinformationen über die einzelnen Produkte gern bei uns anfordern!

Браќа Минѓови бр.18, Стара Царица - Битола. Г.Т.Ц. Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Elektroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Elektroluks Electrolux Bitola

Ovoј crtez e sopstvenost na Electrolux-Bitola. Bez negovo pismeno odobruvanje istof nestree da se prepisiva, umozuva nifi kopira bez soglasnost od Electroluks vo sprofitno se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od knivcinitof zakon R.M. loovreda na avtorstvo bravo!

2. Fizikaliske Grundlagen, elektriske Großen, gesetzliche Maßeinheiten und Erfahrungswerte

Die Elektrowärmetechnik befaßt sich mit den Wirkprinzipien der Umformung elektrischer Energie in Wärme, sowie der Anwendung der Elektrowärme zur Durchführung thermischer Prozesse in Industrie, Landwirtschaft und Haushalt. Für die Übertragung der in Heizelementen erzeugten Wärme auf das zu behandelnde Gut stehen grundsätzlich drei Wärmeübergangsarten zur Verfügung:

- Die Wärme breitet sich aus, indem die Energie von den Molekülen höherer Temperatur an benachbarte kältere Moleküle weitergeleitet wird. Dieser Vorgang heißt Wärmeleitung.
- Moleküle höherer Temperatur strahlen Energie an Moleküle niedrigerer Temperatur ab. Dieser Vorgang ist ein Sonderfall der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen und wird Wärmestrahlung genannt.
- Physikalisch von gleicher Art wie die Wärmeleitung ist ein Vorgang, der als Wärmekonvektion bezeichnet wird. Hierbei nehmen die Moleküle eines strömenden flüssigen oder gasförmigen Stoffes an einer Stelle von benachbarten Molekülen Wärmeenergie auf, die zumindest teilweise an anderer Stelle an kältere Teilchen wieder abgegeben wird.

Bezüglich des Wärmeflusses pro Zeiteinheit bestehen große Unterschiede zwischen den wärmeübertragenden Medien. Beispielsweise können Metalle die Wärme wesentlich schneller übertragen als Luft, die in der Thermophysik auch als Isolator bezeichnet wird. Für den Einsatz von verdichteten Heizelementen z.B. in einer Werkzeugaufnahmebohrung muß somit folgendes berücksichtigt werden:

Handelt es sich um eine nicht genau angepaßte Bohrung (mit Bohrungsspiel), so wird erst mittels Wärmekonvektion die Wärme von der Heizpatrone an die Luft abgegeben. Da die Wärme von der Luft nicht so schnell an das Werkzeug weitergegeben werden kann, wie sie von der Heizpatrone erzeugt wird, kommt es im Luftspalt zwischen Heizpatrone und Werkzeug zu einem Wärmestau. Kann die Wärme nicht schnell genug abgeleitet werden, kommt es zu einer raschen Überhitzung des Heizelementes, welches die Grenzen der elektrischen Materialdurchschlagfestigkeit des Isolierstoffes zwischen Heizleiter und Patronenmantel und zwischen den Anschlüssen überschreitet; dies führt zum Ausfall des Heizelementes.

Ohmsches Gesetz

Dieses Gesetz sagt allgemein, daß eine zwischen den Enden eines Leiters mit dem Widerstand R bestehende Spannung U in dem Widerstand einen Strom $I = U/R$ bewirkt. Das Ohmsche Gesetz ist die erste und grundlegendste Beziehung für die elektrische Strömung in Leitern.

Folgende Formeln gelten für Gleich- und Wechselspannung:

- $P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$
P = Leistung in Watt [W]
- $I = \frac{U}{R} = \sqrt{\frac{P}{R}} = \frac{P}{U}$
I = Strom in Ampère [A]
- $R = \frac{U^2}{P} = \frac{P}{I^2} = \frac{U}{I}$
R = Widerstand in Ohm [Ω]
- $U = I \cdot R = \sqrt{P \cdot R} = \frac{P}{I}$
U = Spannung in Volt [V]

Bei Temperaturen über 50°C sollte der Temperaturkoeffizient des jeweils benutzten Heizleiters (siehe auch 7.) berücksichtigt werden. Im Zweifelsfall bitten wir Sie, uns zu fragen.

Браќа Минѓови бр.18, Стара Царница - Битола. Г.Т.Ц. Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Elektroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Електролукс Electrolux Bitola

Ovoј crtez e сопственост на Electrolux-Bitola. Bez. negovo pismeno одобруvanje istof nesmee da se prepisiva, umnozuvati niti kopirati bez soglasnost od Eictrroluks vo sprofitno se snosati posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od kriticniot zakon R.M. (повреда на авторско право)

Temperaturkoeffizient

Die Atome und Moleküle sind in jedem Stoff in ständiger Bewegung, deren Intensität ist von der Temperatur abhängig. Der Widerstand hängt somit von der Temperatur ab. Für die Berechnung der Widerstandsänderung durch die Temperatur führte man den Temperaturkoeffizient (Temperaturbeiwert) α ein, der bei steigendem Widerstand positiv und bei abnehmendem negativ ist.

$$R_{\vartheta} = R_{20} [1 + \alpha (\vartheta - 20^{\circ}\text{C})]$$

R_{ϑ} = Warmwiderstand

R_{20} = Widerstand bei Raumtemperatur 20°C

α = Temperaturkoeffizient

ϑ = Arbeitstemperatur

Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit

Der Strom findet in einem bestimmten Leiterstück einen um so größeren Widerstand, je länger der Leiter und je kleiner sein Querschnitt ist. Außerdem ist der Werkstoff, aus dem der Leiter besteht, von Einfluß. Die Werkstoffkonstante kann angegeben werden durch die Leitfähigkeit γ , die um so größer ist, je besser der Strom geleitet wird. Den Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 mm² Durchmesser nennt man spezifischen Widerstand ρ , der um so kleiner ist, je besser der Strom geleitet wird.

Es gilt:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} = \frac{L}{\gamma \cdot A} \quad \text{mit} \quad \rho = \frac{l}{\gamma} \quad [\rho] = \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$$

L = Leiterlänge in m

A = Leiterquerschnitt in mm²

Widerstandserwärmung

Unter Widerstandserwärmung versteht man die Nutzung der Wärmeenergie, die in einem elektrischen Widerstand R, bei dessen Beaufschlagung mit einem Strom der Stärke I während der Zeit t entsteht. Man nennt dieses Prinzip auch das „Joule'sche Gesetz“.

$$W = R \cdot I^2 \cdot t$$

Die Widerstandserwärmung kann in zwei Gruppen unterteilt werden. Die erste Gruppe wird direkte Widerstandserwärmung oder auch konduktive Erwärmung genannt. Hierbei fließt der Strom direkt durch den zu erwärmenden Körper.

Die zweite Gruppe nennt man indirekte Widerstandserwärmung. Bei der indirekten Widerstandserwärmung wird die Wärme nicht direkt in dem zu erwärmenden Gut, sondern in einem Energiewandler, dem sogenannten Heizelement, erzeugt und durch Strahlung, Konvektion und/oder Wärmeleitung auf den zu erwärmenden Körper übertragen.

Wärmemenge

Soll der Wärmezustand (die Temperatur) eines Körpers verändert werden, so ist entsprechend Wärmeenergie (eine bestimmte Wärmemenge) zuzuführen. Sie wird in Joule (J) gemessen.

Die zur Erwärmung eines Körpers notwendige Wärmemenge ist proportional der Masse des Körpers und der zu erzielenden Temperaturdifferenz.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$$

Q = Wärmemenge

m = Masse des Körpers

c = spez. Wärmekapazität des Körpers

$$\Delta\vartheta = \text{Temperaturdifferenz } (\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

Wärmekapazität

Unter der Wärmekapazität eines Körpers versteht man das Verhältnis der zugeführten Wärmemenge zur erzielten Erwärmung.

$$C = \frac{Q}{\Delta\vartheta} = m \cdot c$$

Spezifische Wärmekapazität

Unter der spezifischen Wärmekapazität versteht man das Verhältnis der zugeführten Wärmemenge zum Produkt aus erwärmter Masse und Temperaturdifferenz.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\vartheta}$$

Браќа Минџови бр.18, Стара Царица Битола. Г.Т.Ц.Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Electroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Elektroluks Electrolux Bitola

Ovoј crtez e sopstvenost na Electrolux-Bitola. Bez negovo pismeno odobruvanje istiot nesmee da se prepisiva, umnozuva niti kopira bez soglasnost od Elctroluks vo sprofitno se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od kriticniot zakon R.M. (povreda na avtorsko pravo)

2. Physikalische Grundlagen, elektrische Größen, gesetzliche Maßeinheiten und Erfahrungswerte

Verschaltung von Heizelementen

Unsere Heizelemente können auf verschiedene Weise miteinander verschaltet werden.

Reihen- und Parallelschaltung

Je nach Verschaltung unterscheiden sich Gesamtwiderstand, Gesamtleistung und Stromstärke.

Reihenschaltung

Gesamtwiderstand
 $R_{ges} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

Gesamtleistung bei Spannung U
 $P_{ges} = \frac{U^2}{R_{ges}}$

Stromstärke I
 $I = \frac{U}{R_{ges}}$

Parallelschaltung

$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

$P_{ges} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$

$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \dots + \frac{U}{R_n}$

Stern- und Dreieckschaltung

Zur Übertragung höherer Leistungen im Drehstromnetz (400 V) werden am häufigsten die symmetrischen Stern- und Dreieckschaltungen verwendet. Werden drei Heizelemente mit gleichem Widerstand miteinander verschaltet, so gelten folgende Gleichungen:

Sternschaltung

$U = U_{str} \cdot \sqrt{3}$
 $I = I_{str}$
 $P_{str} = U_{str} \cdot I_{str}$
 $P = 3 \cdot P_{str}$
 $P = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$
 $I_{str} = \text{Strangstrom}$
 $R_{str} = \text{Strangwiderstand}$

Dreieckschaltung

$U = U_{str}$
 $I = I_{str} \cdot \sqrt{3}$
 $P_{str} = U_{str} \cdot I_{str}$
 $P = 3 \cdot P_{str}$
 $P = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$
 $U = \text{Außenleitenspannung}$
 $U_{str} = \text{Strangspannung}$
 $I = \text{Außenleiterstrom}$

Schaltbare Heizelemente

Bei hotset-Hochleistungsheizpatronen besteht die Möglichkeit, das Heizelement selbst bzw. drei voneinander getrennte, innenliegende Heizzonen im Stern oder im Dreieck miteinander zu verschalten. Die einzelnen Heizzonen können so unabhängig voneinander betrieben werden. Diese Möglichkeit kann derzeit jedoch nur bei den Patronendurchmessern 15 mm, 16 mm und 20 mm realisiert werden.

Die Erfahrungswerte für Wärmeverluste in prozentualen Anteilen des theoretischen Leistungsbedarfs betragen bei:

- kleinen Werkzeugen oder Metallteilen ohne Wärmeisolation (30 - 40) % mit Wärmeisolation (5 - 10) %
- großen Werkzeugen oder Metallteilen ohne Wärmeisolation (15 - 25) % mit Wärmeisolation (5 - 10) %
- beheizten Warmbädern ohne Wärmeisolation (20 - 30) % mit Wärmeisolation (10 - 20) %



Elektroluks Electrolux Bitola

3. Eigenschaften verschiedener Medien

	Medium	Dichte ρ bei 293,15 K	Spez. Wärme c
		$\frac{g}{cm^3}$	$\frac{kJ}{kg \cdot K}$
Metalle	Aluminium	2,70	0,896
	Blei	11,34	0,130
	Kupfer	8,93	0,381
	Messing	~ 8,30	~ 0,389
	Stahl	~ 7,85	~ 0,481
Flüssigkeiten	Wasser	~ 1,00	4,187
	Öl	0,70 - 0,90	~ 2,302
Isolierstoffe	Glas	~ 2,40	~ 0,753
	Keramik	1,90 - 2,50	~ 0,837
Kunststoffe	Polyamid	~ 1,01 - 1,16	~ 1,550 - 2,400
	Polyethylen	~ 0,91 - 0,97	~ 1,800 - 2,500
	Polyester	~ 1,20	~ 1,260
	Polypropylen	~ 0,90	~ 1,680
	Polystyrol	~ 1,05	~ 1,180
	Polytetrafluorethylen	~ 2,20 - 3,90	~ 1,010
	Polyurethan	~ 1,26	~ 1,900
	Polyvinylchlorid	1,19 - 1,55	~ 0,220 - 1,000
	Perfluoralkoxy-cop (PFA)	2,14	1,250
	Polyethylenterephthalat (PET)	1,37	1,050
Gase	Luft	0,00129	1,001

Umrechnung von $\frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C}$ in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

Temperaturdifferenz von 1 $^\circ C$
= 1 K (Kelvin)

Wärmemenge von 1 kcal = 4186,8 Ws

Daraus folgt: $\frac{1 kcal}{kg \cdot ^\circ C} = \frac{4,1868 kWs}{kg \cdot K}$

1 kWs = 1 kJ

Ermittlung der Heizleistung:

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta \vartheta}{t} \text{ [kW]}, m = \rho \cdot V$$

m = Masse in kg

ρ = Dichte in $\frac{g}{cm^3}$

V = Volumen in cm^3

c = spez. Wärme in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

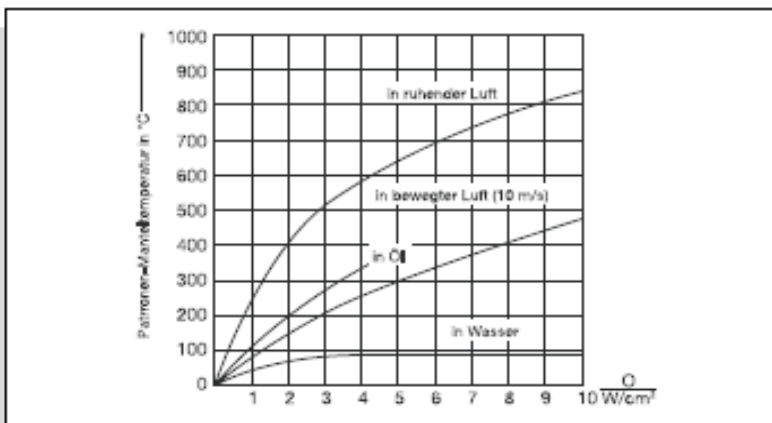
ϑ_1 = Temperatur vor Erwärmung
in $^\circ C$

ϑ_2 = Temperatur nach Erwärmung
in $^\circ C$

$\Delta \vartheta$ = Temperaturdifferenz ($\vartheta_2 - \vartheta_1$)
in K

t = Aufheizzeit in s

Oberflächentemperatur des Heizelementes (Rohrheizkörper oder Patronen) in Abhängigkeit von der Oberflächenbelastung



Die angegebenen Werte dienen nur als Richtwerte, da sie auch von Drücken und Strömungsgeschwindigkeiten beeinflusst werden.

Einer der wichtigsten Kennwerte für die Auslegung elektrischer Heizelemente ist die flächenbezogene Leistung, auch Oberflächenbelastung genannt.

Ermittlung der Oberflächenbelastung (für Heizpatronen oder ähnliche Heizelemente):

$$Q = \frac{\text{Leistung } P}{\text{Mantelfläche } (D \cdot \pi \cdot L)} \left[\frac{W}{cm^2} \right]$$

() = beheizte Zone

P = Heizleistung in Watt

D = Patronendurchmesser in cm

L = Länge der beheizten Zone in cm

π = 3,14

Ovoј crtez e sopstvenost na Electrolux-Bitola. Bez negovo pismeno odobruvanje istiot nesmee da se prepisiva, umozuiva niti kopira bez soglasnost od Electroluks vo sproftivo se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od kriticniot zakon R.M. (povreda na avtorsko pravo)

Браќа Минџови бр.18, Стара Царица Бийола. Г.Т.Ц.Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Elektroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Elektroluks Bitola

4. Beispiel für eine Leistungsbedarfs-Rechnung

Ausgangssituation:

Ein Werkzeug aus Stahl mit einem Gesamtgewicht von 50 kg soll auf eine Temperatur von 305 °C gebracht werden. Der Materialdurchsatz beträgt 12 kg, die Aufheizzeit soll 0,5 h betragen. Es wird bei einer Raumtemperatur von 20 °C gearbeitet. Die für das Werkzeug benötigte Gesamtleistung richtet sich nach der Aufheizleistung bzw. nach der Dauerheizleistung, je nachdem, welche höher ist.

Ermittlung der Aufheizleistung:

Als Aufheizleistung P_A bezeichnet man die Leistung, die in der Zeit t benötigt wird, um das Werkzeug auf die gewünschte Temperatur zu bringen.

$$P_A = \frac{m \cdot c \cdot \Delta \vartheta}{t} \text{ mit}$$

$$m = 50 \text{ kg}$$

$$c_{\text{Stahl}} = 0,481 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\Delta \vartheta = 305 \text{ °C} - 20 \text{ °C} = 285 \text{ K}$$

$$t = 1800 \text{ s}$$

$$\text{gilt } P_A = 3,808 \text{ kW}$$

Die in der Praxis auftretenden Wärmeverluste durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung dürfen nicht unberücksichtigt bleiben. Für ein kleines Werkzeug ohne Isolation muß erfahrungsgemäß mit einem Wärmeverlust von 35 % gerechnet werden.

$$P_A = 3,808 \text{ kW} \cdot 1,35 = 5,140 \text{ kW},$$

$$\text{aufgerundet gilt: } P_A = 5,2 \text{ kW}$$

Ermittlung der Dauerheizleistung:

Als Dauerheizleistung P_D bezeichnet man die Summe aus der Leistung zur Erwärmung des Mediums und der Leistung zum Ausgleich der Wärmeverluste.

Im Werkzeug soll PET auf Temperatur gehalten werden. Die Wärmeverluste betragen auch hier 35 %.

$$P_D = \frac{m_{\text{PET}} \cdot c \cdot \Delta \vartheta}{t} \text{ mit}$$

$$m_{\text{PET}} = 12 \text{ kg}$$

$$c_{\text{PET}} = 1,05 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\Delta \vartheta = 285 \text{ °C}$$

$$t = 3600 \text{ s}$$

$$\text{gilt } P_D = 0,9975 \text{ kW}$$

inkl. Verluste von 35 % gilt:

$$P_D = 1,347 \text{ kW}$$

Diese Leistung wird durch die Aufheizleistung abgedeckt. Die Aufheizleistung ist somit Grundlage für die weiteren Berechnungen.

Entscheidung für ein Heizelement

Generell ist der Unterschied zwischen Außenbeheizung und Innenbeheizung zu machen.

Außenbeheizung:

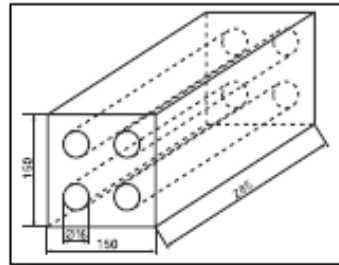
Bezogen auf das zu beheizende Medium heizen wir von außen nach innen. Heizplatten, Heizbänder, Wendelrohrpatronen

Innenbeheizung:

Wir heizen von innen nach außen. Heizpatronen, eingeleger Rohrheizkörper „hotflex“ oder Wendelrohrpatronen z.B. Wasser, Gas

Wegen des geringen Energiebedarfs ist die Innenbeheizung in Kombination mit Außenisolation vorzuziehen.

In unserem Beispiel kommen anwendungsbezogene Hochleistungsheizpatronen in Betracht. Aufgrund der angenommenen Geometrie eignen sich 2 x je 4 Heizpatronen von 2 Seiten eingebaut.



$$P_A = 5200 \text{ W auf 8 Patronen verteilt, ergibt}$$

$$P = 650 \text{ W je Patrone}$$

(Wärmedämmplatten siehe Zubehörprogramm)

Der minimale Abstand zwischen Patronenwandung und Werkstückwandung darf 1 x Patronendurchmesser nicht unterschreiten.

Wir entschließen uns für Patronen Ø 16 mm, 130 mm lang, 700 W aus dem Lagerprogramm.

Die Oberflächenbelastung beträgt ca. 13,7 W/cm². Die Patronen werden in eine Durchgangsbohrung von beiden Seiten eingesetzt, um zwei Regelkreise und somit eine gleichmäßige Temperatur zu erhalten. (siehe hierzu auch 6.)

Ermittlung des Gesamtstromes ($I = P/U$) zur Bestimmung des Leitungsquerschnittes und pro Regelkreis des Regelgerätes.

$$I = \frac{700 \text{ W} \cdot 1,1}{230 \text{ V}} = 3,35 \text{ A}$$

Bei der fertigungsbedingten Leistungstoleranz von ± 10 % wird bei der Stromberechnung immer die obere Leistungstoleranzgrenze berücksichtigt.

Bei Hochleistungsheizpatronen mit 16 mm Durchmesser werden standardmäßig gласeidenisierte Anschlußlitzen mit 1,5 mm² Querschnitt (11 A zulässig) eingesetzt. Nachdem die Litzen über die Wärmedämmplatten sofort vom Werkzeug weggeführt werden, kann die Standardlitze eingesetzt werden (siehe Tabelle "Litzen-Gebrauchstemperatur" unter 7.). Bezüglich der Auswahl des Mantelmaterials und der Isolationen von Anschlußdrähten und -litzen beachten Sie bitte unsere Rubrik "Verwendete Materialien und technische Daten" unter 7.

Testen unter Betriebsbedingungen

Da es immer Faktoren gibt, die im voraus schwer oder gar nicht berücksichtigt werden können, empfehlen wir stets ein Testen der Heizelemente unter den tatsächlichen Betriebsbedingungen. Dies gilt in besonderem Maße für die Temperaturkontinuität entlang der Werkzeugoberfläche im Bereich des zu beheizenden Mediums.

Ovoj crtez e sopstvenost na Elektrolux-Bitola. Bez negovo pismeno odobruvanje istof nesmee da se prepisiva, umozuova niti kopira bez soglasnost od Elektroluks vo sprofitno se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od kriticniot zakon R.M. (povreda na avtorско pravo)

Браќа Минѓови бр.18, Стара Царица Бийола. Г.Т.Ц. Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Elektroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Elektroluks Electrolux Bitola

Ovoј crtez e sopstvenost na Electrolux-Bitola. Bez negovo pismeno odobruvanje istiot nesmee da se prepisiva, umnozava niti kopira bez soglasnost od Electroluks vo sprofitno se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od Krivichiot zakon R.M. (povreda na avtorsko pravo)

5. Lebensdauer und Einbau von verdichteten Heizelementen

Die Lebensdauer verdichteter Heizelemente hängt entscheidend von drei miteinander in Beziehung stehenden Faktoren ab: Oberflächenbelastung auf dem Patronenmantel, Betriebstemperatur und Passung der Aufnahmebohrung / Wärmeableitung.

Wenn die Betriebstemperatur des zu beheizenden Teiles relativ gering ist, kann die Oberflächenbelastung hoch sein, weil die Wärme von dem verdichteten Heizelement auf seine Einsatzstelle relativ schnell übertragen werden kann. Bei höheren Temperaturen muß die Oberflächenbelastung gesenkt werden, um ein Überhitzen des Heizelementes zu vermeiden, da die Schnelligkeit der Wärmeübertragung mit zunehmender Betriebstemperatur absinkt. Die Ausführung der Passung von Heizpatrone und Bohrungswand bzw. wärmeübertragender Medien ist von entscheidender Bedeutung. Je besser das verdichtete Heizelement eingepaßt ist, desto schneller kann die Wärme auf das zu beheizende Objekt übertragen werden.

Wie diese drei Faktoren miteinander verknüpft sind, sollen die beiden nachfolgenden Diagramme veranschaulichen.

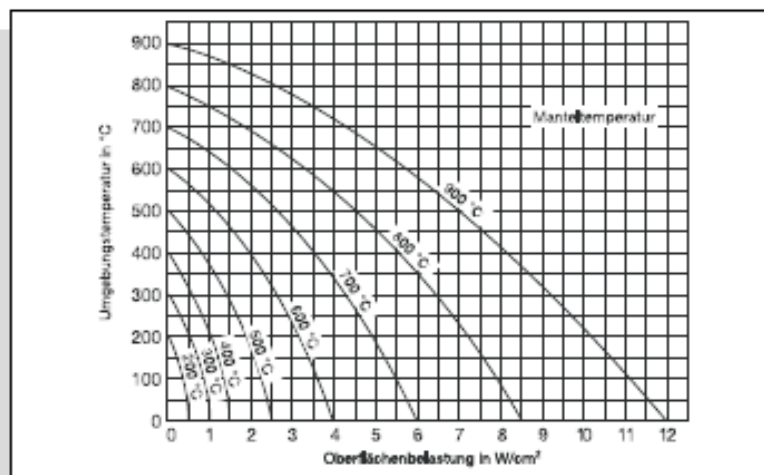


Diagramm:

Manteltemperatur des Heizelementes in Abhängigkeit von der Oberflächenbelastung in verschiedenen Umgebungstemperaturen.

Beispiel:

Bei einer Umgebungstemperatur von 450 °C und einer Oberflächenbelastung von 3,1 W/cm² ergibt sich eine Manteltemperatur von 700 °C.

Möglichst große Heizelemente (Durchmesser und Länge bei verdichteten Heizelementen; Breite, Länge und Tiefe bei Flächen- und Bandheizungen) bieten auch größtmögliche Betriebssicherheit.

Des weiteren ist auf die Temperaturbegrenzung (max. Heizelement-Temperatur), auf den Grad der Feuchtigkeit bei Lagerung und Anwendung je nach Anschlußausführung und auf die Korrosion (umgebende Atmosphäre) zu achten.

Браќа Минѓови бр.18, Стара Царица Битола. Г.Т.Ц.Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Elektroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



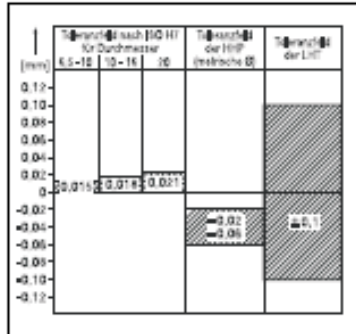
Elektroluks Bitola

5. Lebensdauer und Einbau von verdichteten Heizelementen

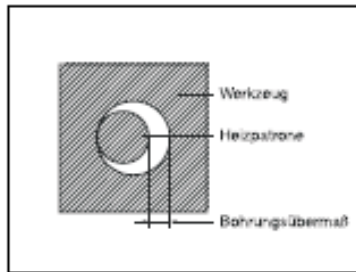
Einbau von Hochleistungsheizpatronen und die Wärmeübertragung

Die Lebensdauer der Heizpatrone hängt auch vom richtigen Einbau ab.

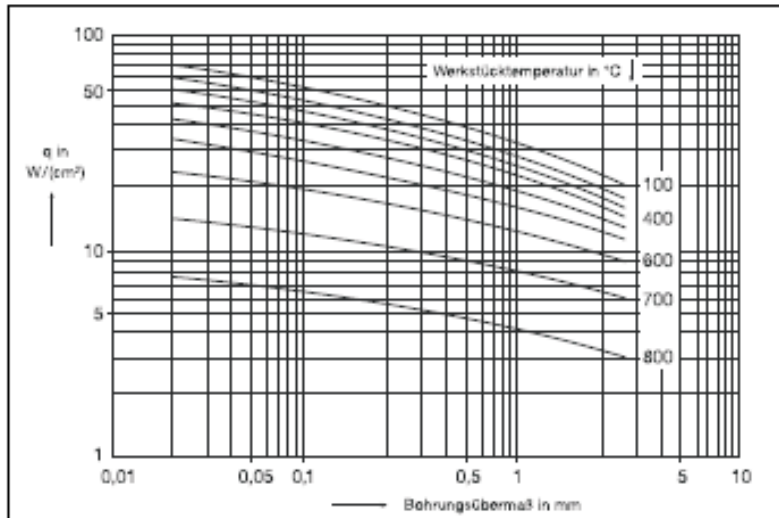
- Für Hochleistungsheizpatronen bis zu einer Oberflächenbelastung von 20 W/cm² ist eine Bohrung nach ISO H7 auszuführen. Auf geringe Rauhtiefe ist zu achten.
- Bei Heizpatronen mit einer Oberflächenbelastung über 20 W/cm² ist ein Schiebewiseinsatz oder die Preßpassung durch 2-teilige Gestaltung der Bohrung anzustreben.
- Das hotset-Isolierspray erleichtert den Ein- und in besonderem Maße den Ausbau unserer Heizpatronen, sowie von Bolzen, Wellen, Schrauben und Schraubmutter. Dieses Spray ist elektrisch nicht leitend und besonders für diesen Einsatz geeignet.
- Zur weiteren Erleichterung des Ausbaus sind Durchgangsbohrungen (evtl. abgesetzt) anzufertigen oder eine der bei hotset verschiedenen möglichen Ausbauhilfen einzusetzen.
- Der Anschlußbereich der Heizpatronen oder des Werkzeuges ist so zu gestalten, daß keine Materialien wie Öl, Kunststoffe, Gase usw. zu Überschlügen zwischen den Anschlußleitungen führen können oder in die Patrone eindringen.
- Der Abstand zwischen Heizpatronen sollte mindestens 1,5 D, zur Werkzeugaußenwand 1 D betragen.
- Zur Temperatursteuerung sollten Temperatur-Regelgeräte mit Anfahrschaltung verwendet werden. Die Anfahrschaltung ermöglicht das langsame Austreten der während der Lagerung oder des Transportes in die Patrone eingedrungenen Feuchtigkeit (siehe gesonderte Hinweise).



Bohrung nach ISO H7



Das Übermaß entspricht der Durchmesserdifferenz zwischen Bohrung und Patrone, die im dargestellten Diagramm den Bereich 0,02 bis 2,5 mm abdeckt.



Das Diagramm zeigt die zulässige Wärmestromdichte q in Abhängigkeit vom Bohrungsübermaß für Heizpatronen mit dem Nenndurchmesser 10 mm. Die Wärmestromdichte q tritt dabei an der Oberfläche der Heizpatrone auf.

Randbedingungen:

- Werkstückmaterial: niedrig legierter Warmarbeitsstahl
- Rauhtiefe: Bohrung 7 μ m / Patrone 3 μ m
- Werkstücktemperatur: im Abstand von 15 mm vom Patronenmantel gemessen.

Beispiel:

Bei einer Werkstücktemperatur von 400 °C und einem Bohrungsspiel von 0,1 mm darf die max. Oberflächenbelastung auf dem Patronenmantel 32 W/cm² nicht überschreiten.

Testen unter Betriebsbedingungen

Da es immer Faktoren gibt, die im voraus schwer oder gar nicht berücksichtigt werden können, empfehlen wir stets ein Testen der Heizpatronen unter den tatsächlichen Betriebsbedingungen. Dies gilt in besonderem Maße für die Temperaturkontinuität entlang einer Werkzeugoberfläche.

Ovo je crtez e sopstvenost na Elektrolux-Bitola. Bez negovo pismeno odobruvanje istof nesmee da se prepisiva, umozuva nifi kopira bez soglasnost od Elektroluks vo sprofitno se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od kriticniot zakon R.M. (povreda na avtorsko pravo)

Браќа Минѓови бр.18, Стара Царица Битола. Г.Т.Ц. Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Elektroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Elektroluks Electrolux Bitola

6. Der Betrieb von Heizpatronen mit Temperaturfühlern

Bei vielen Anwendungen ist es erforderlich, die Temperatur des zu beheizenden Mediums auf einen definierten Wert zu bringen und stabil zu halten. Dieses wird durch den Einsatz von geeigneten Temperaturregeleinrichtungen, d.h. Temperaturregler und -fühler, erzielt. Die Auswahl von Temperaturreglern und -fühlern erfolgt nach der gewünschten Arbeitstemperatur sowie den Einbauverhältnissen. So kann bei beengten Einbauverhältnissen der Einsatz von Heizelementen mit integrierten Temperaturfühlern sinnvoll sein.

Temperaturfühler und ihre Arbeitsweise

Bei den Temperaturfühlern, die hauptsächlich zum Einsatz kommen, unterscheidet man zwischen Thermoelementen und Widerstandselementen.

Thermoelemente:

Bei den Thermoelementen wird durch die Verbindung zweier Materialien mit unterschiedlichen thermoelektrischen Eigenschaften bei Erwärmung eine der Temperatur entsprechende Spannung abgegeben. Diese Spannung ist in einem bestimmten Temperaturbereich weitestgehend linear, d.h. die Spannungserhöhung bzw. Differenz entspricht dem Temperaturverlauf.

Je nach gewünschter Grenztemperatur werden unterschiedliche Materialkombinationen eingesetzt. Für den Einsatz als Thermoelemente werden hauptsächlich die Materialkombinationen Eisen-Kupfernickel und Nickelchrom-Nickel verwendet. Hierbei gelten folgende Grenztemperaturen:

Fe-CuNi (Eisen-Kupfernickel): ca. 800 °C

NiCr-Ni (Nickelchrom-Nickel): ca. 1200 °C

Beim Einbau in Heizelementen reduzieren sich diese Werte, durch die Einbettung im Heizelement, wie folgt:

Fe-CuNi (Eisen-Kupfernickel): ca. 300 °C

NiCr-Ni (Nickelchrom-Nickel): ca. 750 °C

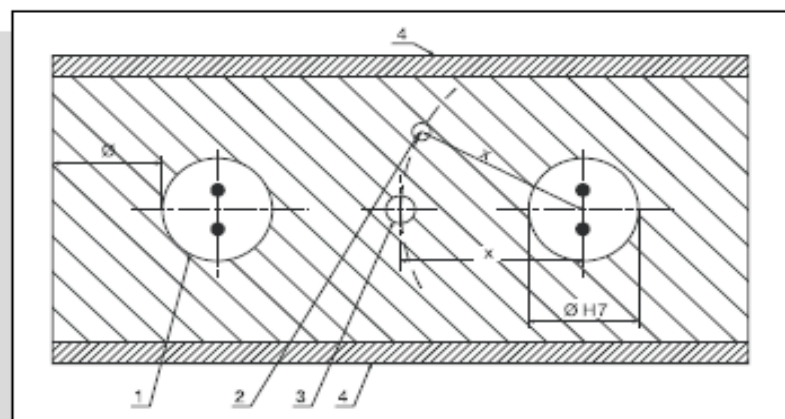
Widerstandselemente:

Im Gegensatz zu den Thermoelementen wird bei den Widerstandselementen nur ein Material eingesetzt, welches durch Legierung ein dem Temperaturverlauf entsprechendes Widerstandsverhalten aufweist. Die Widerstandsänderung entspricht also einer Temperaturänderung. Es gibt hier Widerstandselemente mit positivem Temperaturkoeffizienten, sogenannte PTC-Elemente, und Widerstandselemente mit negativem Temperaturkoeffizienten, sogenannte NTC-Elemente. Bei den PTC-Elementen erhöht sich der Widerstand bei Erwärmung, während er sich bei den NTC-Elementen verringert. Für den Einsatz als Widerstandselement wird hauptsächlich eine Platinlegierung verwendet, die die Bezeichnung PT 100 trägt.

Dieses PT 100 Widerstandselement gehört zur Klasse der PTC-Elemente und weist im Gegensatz zu den Thermoelementen kein lineares Temperaturverhalten auf, d.h. die Widerstandsänderung bzw. Differenz erfolgt nicht proportional und muß korrigiert werden.

Als Grenztemperatur gilt hier:
PT 100 (Platin 100) ca. 700 °C

Beim Einsatz in Heizelementen verringert sich auch hier, durch die Einbettung im Heizelement, die Grenztemperatur wie folgt: PT 100 (Platin 100) ca. 400 °C.



- 1 = Patrona
- 2 = Thermofühler (z. B. TEF 2, 50 mm oder 70 mm lang)
- 3 = Massekanal
- 4 = Wärmedämmplatte

x = Entfernung Heizelement / Massekanal
y = Entfernung Heizelement / Thermofühler = gleicher Radius

Ovoј crtez e sopstvenost na Electrolux-Bitola.Bez negovo pismeno odobruvanje istiot nesmee da se prepisiva ,umozuva niti kopira bez soglasnost od Elctroluks vo sprofitno se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od kriticniot zakon R.M. (povreda na avtorско pravo)

Браќа Минѓови бр.18,Стара Царница Бийола. Г.Т.Ц.Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс:02/329 8 130;070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Elektroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Elektroluks Electrolux Bitola

Ovoј crtez e sopstvenost na Electrolux-Bitola. Bez negovo pismeno odobruvanje istof nesmee da se prepisiva, umozuva niti kopira bez soglasnost od Elctroluks vo sprotivno se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od kriticniot zakon R.M. (povreda na avtorско pravo)

Temperaturregler

Eine genaue und stabile Arbeitstemperatur läßt sich nur durch den Einsatz von einem der zuvor beschriebenen Temperaturfühler in Verbindung mit einem Temperaturregelgerät erzielen, wobei der Temperaturfühler als Istwertgeber fungiert und der Regler die Aufgabe hat, diesen Istwert mit einem Sollwert (gewünschte Arbeitstemperatur) zu vergleichen und durch entsprechende Leistungsabgabe zu erreichen und zu halten.

Dieser Vorgang wird als Regelung bezeichnet, und man unterscheidet hier diverse Regelungsarten.

Dieses sind zum einen der Ein-/Aus-Regler (On-Off), als auch die technisch möglichen Kombinationen aus Proportional (P), Integral (I) und Differential (D)-Regler.

Der Ein-/Aus-Regler weist eine bleibende Regelabweichung auf. Der reine P-Regler ist in punkto Ausregelungszeit und -genauigkeit technisch nicht sinnvoll. Die Reglerart, die sowohl in punkto Ausregelung als auch in Geschwindigkeit der Ausregelung und Reaktion auf Störgrößen den besten Kompromiß darstellt, ist die PID-Regelung.

Früher wurden die Regelgeräte auf Operationsverstärkertechnik basierend gefertigt. Dies war elektronisch und zudem optimierungstechnisch sehr aufwendig. Aus diesem Grund haben sich inzwischen die mikroprozessorgesteuerten PID-Regler im Elektrowärmebereich durchgesetzt. Durch selbsttätige Optimierungsalgorithmen (Self-Tuning, Auto-Tuning) sind diese Regler inzwischen auch ohne regelungstechnische Grundkenntnisse anwendungsbezogen problemlos einsetzbar.

Reglerauswahl

Durch die Vielzahl der Anwendungsfälle, die in der Praxis auftreten können, kann an dieser Stelle keine „Patentlösung“ angeboten werden. Aufgrund des guten Preis-Leistungsverhältnisses, das nicht zuletzt durch die fortschreitende Entwicklung der Mikroelektronik möglich ist, hat sich inzwischen der PID-Regler in der Beheizungstechnik weitestgehend durchgesetzt (das hotset-Programm umfaßt nur diese Reglertypen). Der PID-Regler kann als Lösung für fast alle Beheizungsaufgaben eingesetzt werden.

Hochwertige Regelgeräte weisen zusätzlich zum PID-Regelalgorithmus noch eine sogenannte „Anfahrerschaltung

(Softstart)* auf. Diese sorgt dafür, daß in der Aufheizphase das Heizelement nicht mit voller Leistung beaufschlagt wird. Dadurch wird Feuchtigkeit, die bei Lagerung (Nichtgebrauch) der Heizelemente in diese aufgrund der Verwendung von hygroskopischen Materialien eindringen kann, schonend ausgetrieben und somit die Lebensdauer des Heizelementes erhöht.

Findet in der Beheizungsanlage kein Temperaturfühler Platz, so kann unter Umständen mit einem sogenannten Leistungssteller gearbeitet werden. Diese Geräte versorgen die Heizelemente mit einem zeitlich variablem Ausgangssignal. Sie verfügen jedoch nicht über einen Temperaturfühlereingang und somit über ein Regelverhalten. Eine Besonderheit des Leistungsstellers ist der Auto-Leistungsstellerbetrieb des Regelgerätes, der bei Fühlerbruch aktiviert wird. Daß heißt, bricht der Temperaturfühler, so schaltet der Temperaturregler die Leistung nicht komplett aus, sondern arbeitet mit einem voreingestellten Wert weiter. Der Vorteil ist, daß in vielen Fällen der Produktionsprozeß aufrecht erhalten werden kann (serienmäßig bei allen hotset-Reglern der Serien RR211, RR212, RR221, RR222, RR231, RR232).

Браќа Минѓови бр.18, Стара Царица Битола. Г.Т.Ц.Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Elektroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Електролукс Electrolux Bitola

Ovoј crtez e sopstvenost na Electrolux-Bitola.Bez negovo pismeno odobruvanje istiot nesmee da se prepisuva ,umozuva niti kopira bez soglasnost od Eictrtoluks vo sproftivo se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od kriticniot zakon R.M. (povreda na avtorsko pravo)

7. Verwendete Materialien

Heizleiter

Der Heizleiter ist das eigentliche Heizelement, das die elektrische Energie in Wärmeenergie umwandelt. Hier liegt also die stärkste physikalische Belastung vor. Demzufolge kann auch unter Berücksichtigung der geringsten Widerstandsveränderung bei unterschiedlichen Temperaturen nur die eisenfreie austenitische Nickel-Chrom-Legierung NiCr 8020 (nach DIN 17470) eingesetzt werden.

Zusammensetzung:

Bezeichnung nach DIN 17470	NiCr 8020
Hauptbestandteile in Gewichtsprozent	Ni = 77-80 Cr = 19-21
Schmelztemperatur	1400 °C
Dichte g/cm ³	8,3
spez. Widerstand bei 20 °C in $\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$	1,12
Gefüge	austenitisch

Isolation zwischen Heizleiterträger und Heizkörpermantel

Die Isolation zwischen Heizleiterträger und Heizkörpermantel (Patronenmantel) beträgt nur wenige Millimeter. Die Grundforderungen an das Material sind deshalb:

1. hohe elektrische Sicherheit
2. beste Wärmeleitwerte

Derzeit erfüllt Elektromagnesia diese Forderungen. Allerdings ist hier auf das starke hygroskopische Verhalten bei Lagerung und längerem Stillstand von Werkzeugen (Feuchtigkeit in Heizpatronen und Rohrheizkörpern) und den sich verändernden Isolationswiderstand bei steigender Temperatur hinzuweisen.

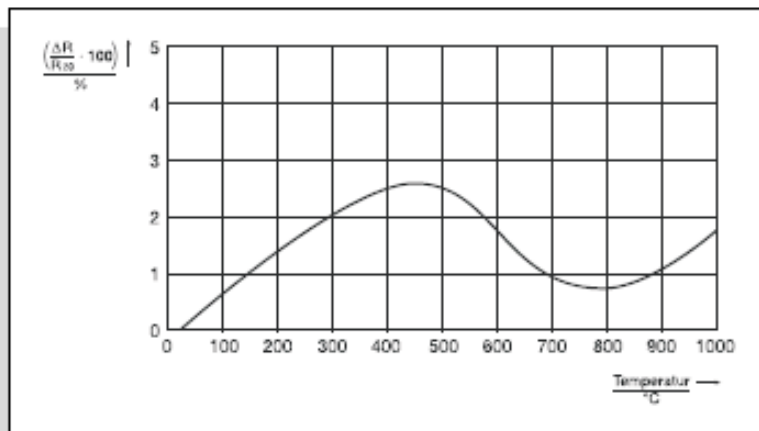


Diagramm:
Prozentuale Widerstandserhöhung von NiCr 8020 nach Einstellung des Gleichgewichtszustandes

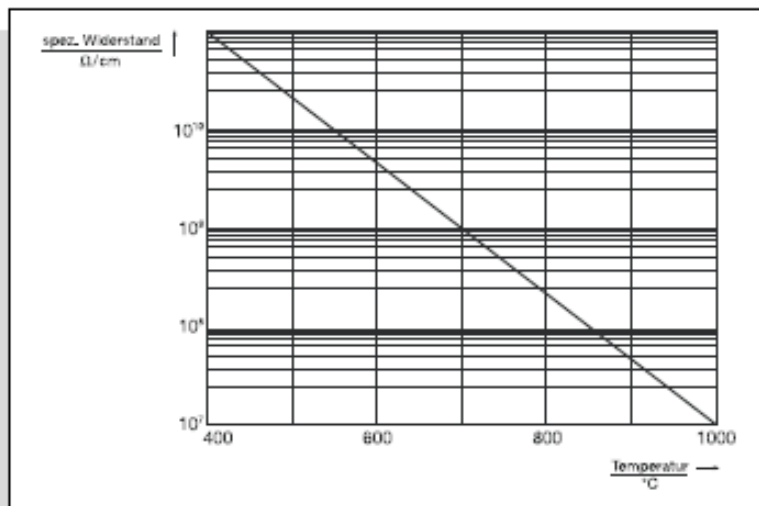
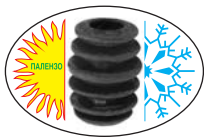


Diagramm-Ausschnitt:
Abhängigkeit des spezifischen Widerstandes von der Temperatur

Браќа Минѓови бр.18,Стара Царица Битола. Г.Т.Ц.Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс:02/329 8 130;070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Electrolux is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Електролукс Electrolux Bitola

7. Verwendete Materialien

Heizkörpermantel

Als Heizkörper- oder Patronenmantel werden je nach Anforderung an die Temperaturbeständigkeit und Qualität vom zu beheizenden Medium unterstehend aufgeführte Materialien eingesetzt.

Anschlußdrähte / Anschlußlitzen

Als Anschlußdraht wird Reinnickeldraht/-litze, bei Arbeitstemperaturen über 400 °C (auf Wunsch oder Beratung) Heizleiterdraht verwendet. Generell wird bei hotset der Draht von innen heraus mit einem Glasseidenschlauch isoliert. Bei Patronen mit Hotset-Artikel-Nr. 4... ist bereits lagermäßig die Litze 1000 mm lang isoliert von innen heraus geführt.

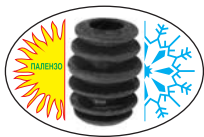
	Temperatur des zu beheizenden Stoffes in °C	zulässige spez. Oberflächenbelastung in W/cm ² bei Heizkörpermantel aus					
		Kupfer	Stahl 1.0112	1.4301	1.4541	CrNi-Stahl 1.4876	1.4435
DIN-Bezeichnung				X 5 CrNi 1810	X 6 CrNiTi 1810	X 10 NiCrAlTi	3220
nach AISI				304	321	B 163	
nach BS				304 S 15	321 S 12	N A 15	
nach SS				2333	2337		
Wasser, ruhend	100	10			10		10
Wasser, umgewälzt (Waschmaschinen)	100	14			14		14
Wasser, strömend (Durchlauferhitzer)	100	25			25		20
Wasser, bei Trockengehgefahr	95	6			6		6
Druckwasser bis 35 bar	240	6			10		10
Öl, dünnflüssig	50		3,5		3,5		
Öl, dünnflüssig	250		2		2		
Öl, dünnflüssig	350		1,5		1,5		
Öl, dickflüssig	300		1,2		1,2		
Öl, in geschlossenem Behälter (Radiatoren)	80		12		12		
Glycerin	150	2	2		2		
Teer	150		1		1		
Bleibad	500				4		
Luft, ruhend	25		1,7		5	6	
Luft, ruhend	200		1		4	5	
Luft, strömend	50		2		5,5	6,5	
mit 2 m/s	250		0,7		3,5	4	
	450				2	2,2	

Ovoј crtez e sopstvenost na Electrolux-Bitola. Bez negovo pismeno odobruvanje istot nesmee da se prepisiva, umnozuva niti kopira bez soglasnost od Electroluks vo sprofitno se snosat posledici vo smislana clenovite 163 i 164 od Krivichnot zakon R.M. (povreda na avtorsko pravo)

Браќа Минџови бр.18, Стара Царица Битола. Г.Т.Ц.Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Electroluks is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries



Електролукс Electrolux Bitola

Ovoј crtez e сопственост на ElectroLux-Bitola. Bez negovo писмено одобрување истој несмеа да се препишува, умножува нити копира без согласност од ElectroLux во спротивно се сносат последици во смисла на членовите 163 и 164 од Кривичниот закон Р.М. (повреда на авторско право)

Patronen-Ø in mm bzw. Zoll	6,5 1/4	8,0	10,0 3/8	12,5 1/2	16,0 5/8	20,0
Draht-Ø in mm	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
max. Stromstärke für Draht in A	7,5	9,5	11,5	15,0	22,0	26,0
Litzenquerschnitt in mm ²	0,22	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5
max. Stromstärke für Litze in A	3,3	5,4	7,0	8,8	11,0	15,0

Tabelle für Lagerabmessungen

Gebrauchstemperatur der Litzen in °C	Kapton	Glasseiden	Teflon	Silikon
dauernd	220	320	260	180
kurzzeitig	400	350	300	250

Stromstärke in A	M2,5*40	M4*80	M5*60	M6*80
	Temperatur am Gewindestift in °C			
10	88			
15	156			
20	250	170	85	65
22,5	310			
25	366			
30		270	120	100
40		380	170	150
50			230	205

Patronen-Ø in mm	6,5	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0
Länge l in mm	40	40	40	40	40	40
P _{min} in W bei 230V	30	30	25	20	15	10

WRP	min. Spannung in V	max. Spannung in V	min. beheizte Länge in mm	max. Strom bei 20 °C / bei 250 °C	machbare Widerstände in Ω*
3x3	12	250	60	27,9 / 5,6 A	70-1450
3,3	12	250	60	27,9 / 5,6 A	70-1400
2,2x4,2	12	250	60	27,9 / 5,6 A	72-1600
1,8	12	250	100	27,9 / 5,6 A	75-1300
1,3x2,3	12	250	100	27,9 / 5,6 A	70-1500
4,6x8,6	12	440	100	7 A / 11 A**	19-3500

*bezogen auf 1m beheizte Länge, ** ohne Kopf / mit Kopf
kleinere Spannungen, kürzere Längen und andere Widerstandswerte bzw. Leistungen auf Anfrage.

Die angegebenen maximalen Stromwerte für die in der nebenstehenden Tabelle genannten Litzen beziehen sich auf glasseidenisolierte Nickel-Litzen und gelten bei einer Umgebungstemperatur von 30 °C.

Die folgende Tabelle zeigt die Gebrauchstemperatur der von uns eingesetzten unterschiedlich isolierten Nickel-Litzen bei dauernder bzw. kurzzeitiger Gebrauchstemperatur.

Die Werte für die maximale Strombelastung verringern sich unter Ausnutzung der max. Gebrauchstemperatur auf bis zu 38 % des angegebenen Wertes.

Anschlußbolzen

(bei Kleinspannungsheizpatronen, Rohrheizkörpern und hotflex® im Einsatz)

Gemessene Temperatur bei unterschiedlichen Strömen an verschiedenen Gewindestift-Abmessungen

Ergebnisse bei 20 °C Umgebungstemperatur

Hochleistungspatronen — minimale und maximale Leistungen

In der Tabelle sind für die gängigsten Patronendurchmesser die minimal unterzubringenden Leistungen bei kleinstmöglicher Patronenlänge aufgeführt (einred. Litze).

Die maximal unterzubringenden Leistungen werden durch die zulässigen Oberflächenbelastungen auf dem Patronenmantel und die maximal zulässigen Stromstärken der eingesetzten Litzen begrenzt.

Wendelrohrpatronen — minimal und maximal unterzubringende Leistungen

Leistungsgrenzen W bei Wendelrohrpatronen Typ WRP

Beispielberechnung WRP Ø 3,3, beh. Länge 250 mm, 48 V Spannung
max. Leistung:

$$P_{\text{max}} = \frac{U^2}{R} = \frac{48^2}{145} = 158,4 \text{ W}$$

$$P_{\text{max}} = 131 \text{ W}$$

min. Leistung:

$$P_{\text{min}} = \frac{U^2}{R} = \frac{48^2}{145} = 158,4 \text{ W}$$

$$P_{\text{min}} = 6,6 \text{ W}$$

Браќа Минѓови бр.18, Стара Царица Битола. Г.Т.Ц. Бунјаковец Скопје
Тел/Факс: 047/203-900; 203-330; 070/237-108
Тел/Факс: 02/329 8 130; 070/237 198

www.elektroluks.com.mk, www.electrolux.com.mk, electrolux@mt.net.mk

Electrolux is registered trademark of Elektroluks companies in Macedonia and other countries