

Temperatur-Fühler (allgemeine Beschreibung der Einsatzmöglichkeiten)

Inhalt

1. Einleitung
2. Temperatur-Erfassung mit Thermoelementen
 - 2.1 Normen für Thermoelemente
 - 2.3 Zulässige Abweichungen für Thermoelemente
 - 2.4 Farbkennzeichnung für Thermoelemente
 - 2.5 Verlängerung von Thermoelementen
 - 2.5.1 Kürzen von Thermoelementen
 - 2.6 potentialfreie und potentialgebundene Thermoelemente
 - 2.7 weitere Thermoelementpaarungen
3. Temperatur-Erfassung mit Widerstandsfühler
 - 3.1 Normen für Widerstandsfühler
 - 3.2 Farbkennzeichnung für Widerstandsfühler
 - 3.3 Verlängerung von Widerstandsfühlern
 - 3.4 3- bzw. 4-Leiterschaltung
 - 3.5 weitere Widerstandsfühler-Arten

1. Einleitung

Messen und Regeln von Temperaturen

Messwerte zu erfassen und zu regeln ist in allen Bereichen sehr wichtig. Die zu messenden Werte werden mit den entsprechenden Messwertaufnehmern sprich Temperaturfühlern erfasst und in den Regel u. Messgeräten weiterverarbeitet. Für den hier anzusprechenden Bereich wollen wir uns auf die Erfassung und Regelung von Temperaturen beschränken. Da aber selbst dieses Thema insgesamt hier nicht erfasst werden kann, wollen wir nur die Temperatur-Erfassung und Regelung in der Kunststoff-Industrie (Maschinenbau und Verarbeiter) ansprechen.

Temperaturen werden mit den unterschiedlichsten Meßmethoden erfasst. Unterscheiden wollen wir hier jedoch lediglich die für uns 2 wichtigsten Bereiche.

- Thermoelemente
- Widerstandsfühler

2. Temperatur-Erfassung mit Thermoelementen

Die Thermoelemente erzeugen durch eine feste leitende Verbindung von zwei unterschiedlichen leitenden Metallen eine Millivoltspannung, auch Thermospannung genannt. Dieser Effekt wurde zum ersten mal von Seebeck 1821 entdeckt. Um eine im Normbereich festgelegte Spannung zu erreichen, werden immer die gleichen Materialien in Verbindung gebracht.

Für die Kunststoffindustrie sind hauptsächlich die Verbindungen Fe-CuNi (Eisen-Kupfer Nickel) früher Fe-Konst oder Fe-Ko (Eisen-Konstantan) und NiCr-Ni (Nickel Chrom-Nickel) zu nennen. Fe-CuNi wird etwa bis 600 °C, NiCr-Ni bis etwa 900 °C eingesetzt.

Die Temperatureaufnahme bei Thermoelementen erfolgt punktförmig in der Fühlerspitze. Da eine Bohrung von 118° im Boden nie spitz zuläuft, wird der Fühler stirnseitig – dem Bohrungsdurchmesser angepasst – abgeplant, um eine größtmögliche Kontaktfläche des Kegelmantels zur Bohrung zu gewährleisten.

2.1 Normen für Thermoelemente

Die durch Temperatur entstehenden Millivolt-Spannungen mit Angabe der Toleranzen wurden in Deutschland in der zurückgezogenen DIN 43710 (Die DIN 43710 wurde zurückgezogen und durch keine neue Norm ersetzt) festgelegt. Mit einem Ausblick auf ein einiges Europa 92 hat die DIN EN 60 584 für diesen Markt Zukunft. Bei der Thermoelement-Kombination NiCr-Ni sind die Spannungswerte bei beiden Normen gleich festgelegt. Bei dem Thermoelement Fe-CuNi weichen die Werte gering voneinander ab. So ist z.B. bei einer Temperatur von 400 °C und einer Umgebungstemperatur von 20 °C nach der zurückgezogenen DIN 43710 (Die DIN 43710 wurde zurückgezogen und durch keine neue Norm ersetzt) ein Wert von 21,11 mV festgelegt, nach der DIN EN Norm ein

Wert von 20,827 mV. Es ergibt sich somit bei dieser Temperatur eine Abweichung von ca. 6 °C.

Das Fe-CuNi Thermoelement nach der zurückgezogenen DIN 43710 (DIN 43710 wurde zurückgezogen und durch keine neue Norm ersetzt.) wird als Typ "L" bezeichnet, nach der neuen DIN EN 60584-1 (alte DIN IEC 584 wurde im Oktober '96 zurückgezogen) spricht man von dem Typ "J", bei der Kombination NiCr-Ni nach der zurückgezogenen DIN 43710 (Die DIN 43710 wurde zurückgezogen und durch keine neue Norm ersetzt) und nach der neuen Norm DIN EN 60584-1 (alte Norm IEC 584 wurde im Oktober '96 zurückgezogen) wird das Element mit dem Kennbuchstaben "K" versehen.

2.3 Zulässige Abweichungen für Thermoelemente

Die zulässigen Abweichungen nach der Norm sind wie folgt festgelegt:

Thermopaar	Kennbuchstaben	Temperatur	Grenzabweichungen
Fe-CuNi	(L)	bis 400° C	± 3° C
Fe-CuNi	(J)	-40° C bis 333° C	± 2,5° C
NiCr-Ni	(K)	-40° C bis 333° C	± 2,5° C
Fe-CuNi	(L)	400° C bis 600° C	± 0,75 %
Fe-CuNi	(J)	333° C bis 600° C	± 0,0075 x (t) / (t=°C)
NiCr-Ni	(K)	333° C bis 900° C	± 0,0075 x (t) / (t=°C)

2.4 Farbkennzeichnung für Thermoelemente

Unterscheiden lassen sich die Thermoelement-Kombinationen durch die Farbkennzeichnung des Mantels der Ausgleichs- oder Thermoleitung bzw. der Aderisolation:

Thermopaar	Farbkennzeichnungen		
	Mantel	Aderisolation	
		+ plus	- minuns
Fe-CuNi DIN (L)	blau	rot	blau
Fe-CuNi IEC (J)	schwarz	schwarz	weiß
NiCr-Ni IEC (K)	grün	grün	weiß
NiCr-Ni DIN (K)	grün	rot	grün

2.5.1 Verlängerung von Thermoelementen

Die Verbindung der Thermoelemente mit dem vorgesehenen Temperatur-Regler muss auf jeden Fall mit einer dem jeweiligen Element entsprechenden Ausgleichs- oder

Thermoleitung vorgenommen werden. Der Querschnitt der Leitung kann bei elektronischen Regelgeräten dann klein gewählt werden. Durch den hochohmigen Eingang dieser Regelgeräte ist auch mit diesen Leitungen eine Verlängerung von mehreren Metern möglich. Ist der Innenwiderstand ≤ 1000 x dem Widerstand des Messkreises einschließlich der Zuleitung, dann sollte ein Leitungsabgleich vorgenommen werden. Wird die Verlängerung mit einer normalen Kupferleitung vorgenommen, entstehen an den leitenden festen Verbindungen erneute Thermoelemente, die bei höheren Umgebungstemperaturen in das Gesamt-Messergebnis einfließen und dieses verfälschen.

- 2.5.2.1** Außerdem muss noch erwähnt werden, dass das Kürzen von Anschluss- bzw. Thermoleitung mechanische und messtechnische Probleme hervorrufen kann. Deshalb ist im Bestellfalle eine ganz genaue Längenangabe erforderlich.

2.6 potentialfreie und potentialgebundene Thermoelemente

Entscheidend ist hier, ob die Thermodrähte mit der Messspitze verbunden sind oder nicht. Sind die Drähte mit der Fühlerspitze (Masse) verbunden, bezeichnet man das Thermoelement als potentialgebunden. Der Vorteil dieses Aufbaus ist in der Regel die schnellere Reaktion auf Temperatur. Dieser Effekt wird noch gesteigert, indem man bei Temperaturen bis ca. 400° C hochsilberhaltiges Lot (bessere Wärmeleitfähigkeit) an der Spitze verwendet.

Sind die Thermodrähte mit dem Messboden nicht verbunden, so spricht man von einem potentialfreien Thermoelement. Diese Fühler werden teilweise bei Einsatz moderner CNC-Steuerungen erforderlich, da sonst Störungen über die Masse in die Steuerung übertragen werden können.

Vorteile liegen insbesondere beim potentialgebundenen Klein-Thermoelement in der punktförmigen und schnellen Aufnahme der Temperatur an der Fühlerspitze. Auch höhere Erschütterungsfestigkeiten spielen hier eine große Rolle. Bei diesen potentialgebundenen Fühlern ist außerdem noch eine zusätzliche Zugfestigkeit (Zugentlastung) der Thermoleitung gegeben. Bei potentialfreien Thermoelementen ist aufgrund des isolierten Innenaufbaus in der Fühlerspitze nur eine trägere Messwerterfassung möglich.

2.7 weitere Thermoelementpaarungen

Außer den hier genannten Thermoelementen sind noch weitere Kombinationen zu nennen (siehe folgende Aufstellung). Diese Kombinationen finden in der Kunststoff-Industrie allerdings keine Anwendung.

Neben der DIN- und der IEC-Norm gibt es auch noch die amerikanische ANSI-Norm und die französische NF-Norm, die hier aber nicht weiter erläutert werden sollen.

Überblick über die weiteren Ausführungen mit den jeweiligen Farbkennzeichnungen:

Internationale Kennfarben International Colour Codes

Thermopaarart
thermocouple type



DIN EN 60584



DIN 43710



BS 4937/1843



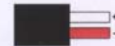
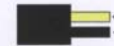
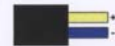
NF C 42-324



ANSI MC 96.1

J

+ Eisen
- Kupfer-Nickel



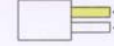
L

+ Eisen
- Kupfer-Nickel



K

+ Nickel-Chrom
- Nickel



R

+ Platin- 13% Rhodium
- Platin



S

+ Platin- 10% Rhodium
- Platin



B

+ Platin- 30% Rhodium
- Platin- 6% Rhodium



T

+ Kupfer
- Kupfer-Nickel



E

+ Nickel-Chrom
- Kupfer-Nickel



N

+ Nickel-Chrom-Silizium
- Nickel-Silizium



U

+ Kupfer
- Kupfer-Nickel



3. Temperatur-Erfassung mit Widerstandsfühler

Die Widerstandsfühler bedienen sich eines ganz anderen Meßsystems. Durch Temperatur verändert sich der Widerstandswert von Metallen. Unterschieden werden hier NTC bzw. PTC Widerstände. In der Kunststoff-Industrie werden hauptsächlich PTC-Widerstände eingesetzt. Diese Widerstände werden auch als Kaltleiter bezeichnet. Der Widerstandswert steigt bei zunehmender Temperatur. Der Widerstands-Temperaturbeiwert ist also positiv. Der Begriff PTC-Widerstand ist aus dem Begriff positiver Temperatur Coefficient abzuleiten.

In der Kunststoffindustrie wird als Metall auf Platin (Pt) zurückgegriffen. In den meisten Fällen wird ein Messwiderstand eingesetzt, der bei 0 °C einen Widerstand von 100 Ohm aufweist (Pt 100).

Die Temperaturerfassung bei Widerstandsfühlern erfolgt über die komplette Wirklänge des Messensors.

Da eine Bohrung von 118° im Boden nie spitz zuläuft, wird der Fühler stirnseitig – dem Bohrungsdurchmesser angepasst – abgeplant, um eine größtmögliche Kontaktfläche des Kegelmantels zur Bohrung zu gewährleisten. Bei Temperaturen bis 200° C wird empfohlen, den Widerstandsfühler mit einer entsprechenden Wärmeleitpaste in die Bohrung einzusetzen.

3.1 Normen für Widerstandsfühler

Die sich dann in Verbindung mit der Temperatur ändernden Ohm-Werte werden mit den zugelassenen Toleranzen in der DIN 43760 für Platin-Messwiderstände festgelegt. Heute tritt die DIN EN 60751 an diese Stelle. Es werden Messwiderstände der Güteklasse A und der Güteklasse B nach Ihren Grenzabweichungen unterschieden.

Zulässige Grenzabweichung

Klasse A: $0,15 + 0,002 \times (t)$

Klasse B: $0,3 + 0,005 \times (t)$

t ist der Zahlenwert der Temperatur in °C ohne Berücksichtigung des Vorzeichens.

Eingesetzt werden Glasmesswiderstände, wo ein Platin-Draht auf einem Glaskörper gewickelt und noch einmal in Glas eingegossen werden. Durch Kostendruck wird heute weitgehend der qualitativ gleichwertige Dünschichtmesswiderstand eingesetzt. Bei diesen Temperatur-Sensoren wird auf einem eine Platin-Schicht aufgedampft. Durch dieses Verfahren können heute wesentlich kleinere und schneller ansprechende Messwiderstände hergestellt werden.

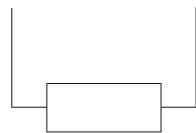
Platin-Messwiderstände werden von - 200 °C bis zu 850 °C eingesetzt.

3.2 Farbkennzeichnung von Widerstandsfühler

Die Leitungsenden werden bei einem Widerstandsfühler mit rot und weiß gekennzeichnet, die Leitung ist nicht speziell farblich gekennzeichnet. Bei der Drei-Leiterschaltung werden

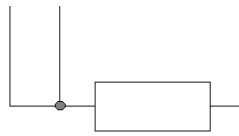
zwei Leitungsenden rot gekennzeichnet, ein Leitungsende weiß bei der Vier-Leiterschaltung werden je 2 Leitungsenden rot und weiß gekennzeichnet.

rot weiß



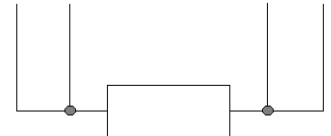
Pt 100/2

rot rot weiß



Pt 100/3

rot rot weiß weiß



Pt 100/4

3.3 Verlängerung von Widerstandsfühlern

Bei den Widerstandsfühlern ist keine spezielle Leitung zur Verlängerung der Temperatur-Fühler erforderlich. Die Verlängerung kann mit einer handelsüblichen Kupfer-Leitung vorgenommen werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass der Leitungsquerschnitt nicht zu klein gewählt wird, damit nicht der Leitungswiderstand eine starke Messdifferenz zur Folge hat (Behebung dieser Messdifferenz siehe unter 3.4).

3.4 3- bzw. 4-Leiterschaltung

Um Messfehler auszuschalten, werden die Temperatur-Fühler teilweise mit 3- bzw. 4-Leiterschaltung ausgerüstet. Hierbei werden ein bzw. beide Anschlussenden des Messwiderstandes doppelt bis zu dem jeweiligen dafür vorgesehenen Messgerät geführt, die Kompensation erfolgt dann in dem jeweiligen Gerät.

3.5 weitere Widerstandsfühler-Arten

Es gibt auch andere Ausführungen der Messwiderstände. Zu nennen sind hier z.B. Widerstände mit einem Widerstand von 50 Ohm bei 0 °C (Pt 50) oder Messwiderstände, die keine Platinwicklung bzw. Beschichtung haben, sondern mit Nickel, Kupfer, Aluminium, Silber oder Wolfram die Temperatur-Abhängigkeit erfassen.

Der zweite große Bereich, wie bereits erwähnt, sind die NTC-Widerstände. Diese Messwiderstände verringern ihren Widerstand mit zunehmender Temperatur. Der Widerstands-Temperaturbeiwert ist also negativ. Die Bezeichnung NTC-Widerstand ist auch hierbei aus dem Begriff negativer Temperatur Coeffizient abzuleiten. Die Kennlinie dieser Widerstände ist allerdings nicht in einer spezifischen Norm festgelegt. Die Kennlinien werden von Fall zu Fall den entsprechenden Umständen angepasst. Durch die genaue Anpassung der Messwiderstände an die Gegebenheiten kann hier eine äußerst genaue

NIGGELOH

Heizen · Messen · Regeln...und mehr.

Temperatur-Erfassung durchgeführt werden, diese Fühlerart wird häufig in der Zentral-Heizungs-Regelung eingesetzt (Messung der Vorlauftemperatur, Außentemperatur etc.).