

ساختار و کاربرد ترموکوپلها

اثر و پدیده ترموالکتریک :

عملکرد ترموکوپلها براساس پدیده ائی بننام Seebeck قابل ارائه و بدینگونه است که اگر اختلاف دمائی در طول يك سیم ایجاد شود این اختلاف دما باعث جابجائی بار الکتریکی در سیم میشود. مقدار جابجائی بار الکتریکی به مشخصه های الکتریکی به جنس سیم انتخاب شده بستگی دارد. اگر انتهای دو سیم مختلف الجنس را بهم وصل کنیم و آن نقطه

Negative limb	Positive limb	Defined up to	Maximum temperature	Thermocouple
white	black	1200°C	750°C	J Fe-Con
white	brown	400°C	350°C	T Cu-Con
white	green	1370°C	1200°C	K NiCr-Ni
white	violet	1000°C	900°C	E NiCr-Con
white	mauve	1300°C	1200°C	N NiCrSi-NiSi
white	orange	1540°C	1600°C	S Pt10Rh-Pt
white	orange	1760°C	1600°C	R Pt13Rh-Pt
white	no data	1820°C	1700°C	B Pt30Rh-Pt6Rh

جدول شماره 1 : ترموکوپلها

طبق استاندارد EN 60 584

را در معرض حرارت قرار دهیم که باعث افزایش دمای آن محل میشود در اینصورت بین دو سر آزاد دو سیم يك اختلاف پتانسیل (ولتاژ) ایجاد میشود. مقدار این اختلاف ولتاژ به اختلاف دمائی در

Negative limb	Positive limb	Defined up to	Maximum temperature	Thermocouple
blue	red	900°C	700°C	L Fe-Con
brown	red	600°C	400°C	U Cu-Con

میشود. مقدار این اختلاف ولتاژ به اختلاف دمائی سرتاسر سیم ها بستگی دارد. برای اینکه بتوانیم دمائی در نقطه اتصال دو سیم را اندازه گیری کنیم لازم است

ترموپلها طبق استاندارد DIN 43 710

باشیم و در صورتیکه این دما را نداشته باشیم بایستی طول این سیم ها را بوسیله يك کابل بنام کابل جبران کننده افزایش داده و انتهای آزاد آنها را در محل یا نقطه ائی که درجه حرارت آن معلوم است

قرار دهیم. (معمولاً این محل یا ناحیه مرجع را بنام " اتصال سرد " میگویند) .

دمائی اتصال مرجع بایستی معلوم و مقدار ثابتی باشد. چنانچه دمائی اتصال مرجع ثابتی در دسترس نباشد این اتصال بایستی بعنوان يك ترموستات ترتیب دهیم یا اینکه دمائی آن بوسیله يك سنسور مشخص گردد.

نظر به اینکه تعداد ترکیب های فلزات مختلف امکان پذیر است لذا از ترکیب تعداد خاصی از فلزات مندرج

در جداول (1) و (2) انتخاب شده اند بطوریکه جداول اختلاف ولتاژ آنها و تولرانس های مجاز و

مشخصه های استاندارد شده آنها در شکل 2 و جداول شماره 3 و 4 منعکس میباشد.

توجه داریم که دو ترموکوپل های Fe.Con (آهن - کنستانتان : نوع J و L) و دو ترموکوپل های Cu-Con

(مس - کنستانتان : نوع T,U) در هر دو استاندارد 60585, DIN 43710 براساس استاندارد EN 60584 در حال حاضر ترموکوپل های (قدیمی) L, U

کمتر از سایر ترموکوپل های J, T مورد استفاده قرار میگیرند. به لحاظ اینکه آمیزه و آلیاژ ترموکوپل های ویژه و خاص

از همسان بودن و قابلیت سازگاری برخوردار نیستند، لذا کمتر از آنها استفاده میشود. اگر يك ترموکوپل

Fe-Cu نوع L را به يك دستگاه اندازه گیری خطی برای ترموکوپل J وصل کنیم اختلاف در ولتاژهای حرارتی سیمها با خطای چندین درجه سانتیگراد را خواهیم داشت بطوریکه در ترموکوپل های نوع T,U نیز همین موضوع صادق است.

حداکثر دما با حد تولرانسی که مشخص شده است ارائه میگردد. مقدار دمائی کمتر از مقدار این حد، حد دمائی است که ولتاژ حرارتی در نقطه مشخصه های استاندارد قرار دارد. در ترموکوپل های لیست شده در جداول فوق (1 و 2) فلز (شاخه - سیم) اولی همیشه قطب مثبت است.

کد های رنگی، هم در خود ترموکوپلها و هم در کابل های جبران کننده نیز صادق است. اگر سیمهای ترموکوپلی کد بندی رنگی نشده است، تفاوت های مشروح های زیر ممکن است به مشخص کردن آنها کمک نماید.

Fe-Con : شاخه مثبت، مغناطیسی است (Fe مثبت است)

Cu-Con : شاخه مثبت فلز به رنگ مسی است

NiCr-Ni : شاخه منفی، مغناطیسی است

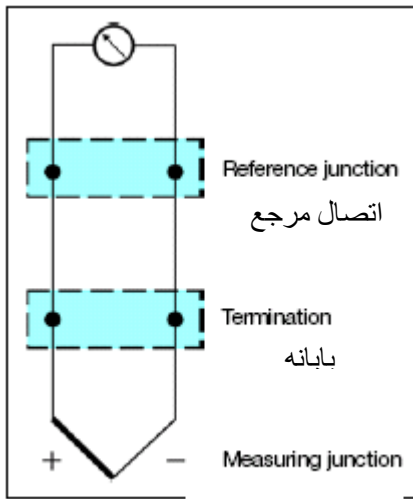


Fig. 1: Measuring

اتصال اندازه گیری

شکل 1 مدار (کلی) اندازه گیری را نشان میدهد

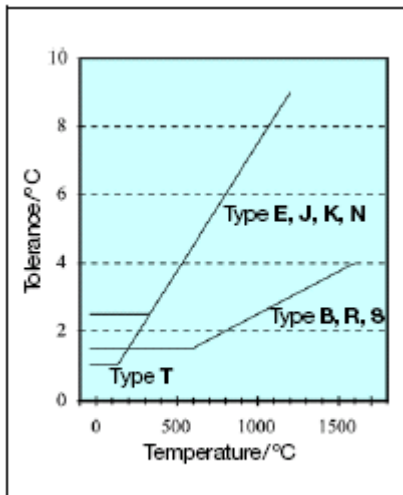


Fig. 2: Tolerances

شکل شماره 2 : تولرانس

PtRh-Pt : شاخه از جنس نرم تر ، شاخه منفي است .
این تمایزها در کابلهاي جبران کننده صدق نمیکنند ، ترموکوپلها در داخل محفظه هاي داراي مواد سراميکی قرار داده میشود . کابلها (جبران کننده ها - موازنه کننده ها) معمولاً در محفظه هاي از جنس PVC ، سيلیكون ، PTEE یا پشم شیشه قرار داده میشوند .

تولرانس ها :

در استاندارد EN 60584 سه کلاس (طبقه) تولرانس براي ترموکوپلها مشخص و تعريف شده است . نوع زمان و عادي براي سيم هاي حرارتي با قطر بين 0/25 تا 3 ميليتر و وضعیت هاي اتصال به منبع تغذيه مورد استفاده قرار میگیرند . این استاندارد براي همیشه نمیتواند صادق باشد زیرا به وضعیت هاي استفاده از آن بسیار بستگی دارد . حدود دمایی مشخص شده ائي براي کلاس هاي (طبقه هاي) تولرانس لزوماً در حدود دمایی کار (ترموکوپل) توصیه نمیشود (به جداول 3 و 4 مراجعه نمایند) . مقدار دمایی خیلی زیادتر ، در هر شرایط صادق است .

تناسب :

ولتاژ ایجاد شده در ترموکوپل با دما متناسب نیست و بنا بر این بایستی بوسیله دستگاه الکترونيکی دیگری خطی شود . دستگاههاي الکترونيکی طبق جداول خطی برنامه ریزی شده اند یا با مقادیر کالیبره مناسب که بایستی کاربر (USER) وارد دستگاه الکترونيکی شوند منجر به تغییرات خطی میگردد . دستگاههاي آنالوگ اغلب با مقیاس هاي غیر خطی ساخته میشوند . جهت حصول اطمینان از قابلیت کامل خطی بودن تغییرات ولتاژ ، حدود و ثغور مشخصه هاي ترموکوپل (شکل 3) براي این منظور

Thermocouple		Tolerance classes		
Fe-Con	J	Class 1	- 40 to + 750°C: ±0.004 x t	or ±1.5°C
		Class 2	- 40 to + 750°C: ±0.0075 x t	or ±2.5°C
		Class 3		
Cu-Con	T	Class 1	- 40 to + 350°C: ±0.004 x t	or ±0.5°C
		Class 2	- 40 to + 350°C: ±0.0075 x t	or ±1.0°C
		Class 3	-200 to + 40°C: ±0.0015 x t	or ±1.0°C
Ni-CrNi and NiCrSi-NiSi	K	Class 1	- 40 to +1000°C: ±0.004 x t	or ±1.5°C
		Class 2	- 40 to +1200°C: ±0.0075 x t	or ±2.5°C
		Class 3	-200 to + 40°C: ±0.015 x t	or ±2.5°C
NiCr-Con	E	Class 1	- 40 to + 800°C: ±0.004 x t	or ±1.5°C
		Class 2	- 40 to + 900°C: ±0.0075 x t	or ±2.5°C
		Class 3	-200 to + 40°C: ±0.015 x t	or ±2.5°C
Pt10Rh-Pt and Pt13Rh-Pt	S	Class 1	0 to +1600°C: ±[1+(t-1100) x 0.003]	or ±1.0°C
		Class 2	- 40 to +1600°C: ±0.0025 x t	or ±1.5°C
		Class 3		
Pt30Rh-Pt6Rh	B	Class 1		
		Class 2	+600 to +1700°C: ±0.0025 x t	or ±1.5°C
		Class 3	+600 to +1700°C: ±0.005 x t	or ±4.0°C

Table 3: Tolerances to EN 60584

Thermocouple		Tolerances	
Cu-Con	U	+100 to +400 °C: ±3°C	
		+400 to +600 °C: ±0.0075 x t	
Fe-Con	L	+100 to +400 °C: ±3°C	
		+400 to +900 °C: ±0.0075 x t	

Table 4: Tolerances to DIN 43710 (1977)

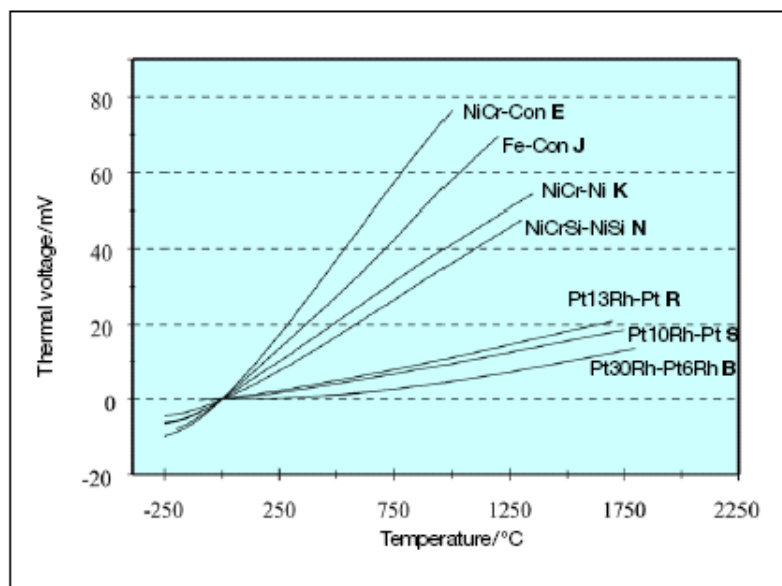


Fig. 3: Characteristics of thermocouples to EN 60584

مشخص و تنظیم شده اند ، یعنی بطور مثال يك ترموکوپل نوع J را میتوان بدون توجه به سازنده آن با هر ترموکوپل از این نوع تعویض نمود بدون اینکه هیچگونه کالیبره کردن مجددی در دستگاه اندازه گیری که به ترموکوپل متصل است نیازی باشد .

کابلهاي جبران کننده طبق استاندارد

DIN, EN

کابلهاي جبران کننده براي ترموکوپلها داراي مشخصات و ویژگی هاي الکتريکی و مکانيکی هستند که بایستی طبق استاندارد EN 60584 یا DIN 43714 باشند . جنس این کابلها یا از جنس خود ترموکوپل (ترموکوپلها) ، کابلهاي اضافی جهت اتصال دو سیم جهت اندازه گیری دمایی محل مورد نظر) یا از مواد مخصوص با همان ویژگیهاي ترموالکتريک در محدوده دمایی مشخص شده

(کابلهاي جبران کننده مناسب) . در صورتیکه کابلهاي جبران کننده از جنس فلزات خیلی خوب و اعلاء انتخاب شوند باعث کاهش

بسیار زیاد هزینه میشوند . کابلهاي جبران کننده شامل سیمهاي بهم تابیده میباشد و بوسیله يك کد رنگی و حروف کد دار مشروح زیر مشخص میشوند .

حرف 1 : حرف کد دار براي ترموکوپل

حرف 2 : X : از همان جنس ترموکوپل

C : از جنس مخصوص

حرف 3 : چندین نوع کابل جبران کننده را بوسیله يك حرف سوم میتوان مشخص نمود .

شامل :

KX : کابل جبران کننده براي ترموکوپل

RCA : کابل جبران کننده برای ترموکوپل NiCr-Ni نوع K ساخته شده از جنس ترموکوپل PtRh-Pt : از نوع R ، ساخته شده از مواد مخصوص A

کلاس تولرانس 1 و 2 برای کابلهای جبران کننده تعریف شده اند . کلاس 1 تولرانس کوچکتری (کمتری) دارد که میتوان فقط با کابلهای اضافی از همان جنس ترموکوپل بطور مثال ، نوع X استفاده شود . کابلهای جبران کننده مناسب معمولاً از کلاس 2 مورد استفاده قرار میگیرند . جدول 5 ، تولرانس های برای کلاسهای مختلف کابل جبران کننده را نشان میدهد .

Thermo-couple and wire type	Tolerance classes		Operating temperature range [°C]	Measuring temperature [°C]
	1	2		
JX	± 85µV/±1.5°C	± 140µV/±2.5°C	-25 to +200	500
TX	± 30µV/±0.5°C	± 60µV/±1.0°C	-25 to +100	300
EX	± 120µV/±1.5°C	± 200µV/±2.5°C	-25 to +200	500
KX	± 60µV/±1.5°C	± 100µV/±2.5°C	-25 to +200	900
NX	± 60µV/±1.5°C	± 100µV/±2.5°C	-25 to +200	900
KCA	-	± 100µV/±2.5°C	0 to +150	900
KCB	-	± 100µV/±2.5°C	0 to +100	900
NC	-	± 100µV/±2.5°C	0 to +150	900
RCA	-	± 30µV/±2.5°C	0 to +100	1000
RCB	-	± 60µV/±5.0°C	0 to +200	1000
SCA	-	± 30µV/±2.5°C	0 to +100	1000
SCB	-	± 60µV/±5.0°C	0 to +200	1000

Table 5: Tolerances for thermocables and compensating cables

Thermocouple	Type	Sheath	Positive limb	Negative limb
Cu-Con	T	brown	brown	white
Fe-Con	J	black	black	white
NiCr-Ni	K	green	green	white
NiCrSi-NiSi	N	mauve	mauve	white
NiCr-Con	E	violet	violet	white
Pt10Rh-Pt	S	orange	orange	white
Pt13Rh-Pt	R	orange	orange	white

Table 6: Color coding for thermocouples to EN 60584

Thermocouple	Type	Sheath	Positive limb	Negative limb
Fe-Con	L	blue	red	blue
Cu-Con	U	brown	red	brown

Table 7: Color coding for thermocouples to DIN 43 713

Thermocouple	Type	Sheath	Positive limb	Negative limb
NiCr-Ni	K	green	red	green
Pt10Rh-Pt	S	white	red	white
Pt13Rh-Pt	R	white	red	white

Table 8: Color coding for thermocouples to DIN 43 714 (1979)

حدود دمایی کار مندرج در جدول 5 کاملاً تمام دماهایی که کابل میتواند در معرض آن قرار گیرد را شامل میشود بدون اینکه باعث افزایش تولرانس های زیادی شوند از جمله ترمینالهای ترموکوپل . بعلاوه غیر خطی بودن ولتاژ حرارتی با دما ؛ تولرانس ها برحسب میلی ولت یا درجه سانتیگراد فقط در مورد دماهای اندازه گیری مندرج در ستون سمت راستی جدول صادق است .

یعنی برای مثال :

یک ترموکوپل نوع J به یک کابل جبران کننده نوع JX کلاس 2 وصل شده باشد اگر دمای اندازه گیری شده در 500 درجه سانتیگراد ثابت بماند و دمای ترمینالها و / یا کابل متعادل کننده (جبران کننده) -25°C تا $+200^{\circ}\text{C}$ تغییر کند نتیجه میشود که دمای نشان داده شده بیش از $\pm 2/5^{\circ}\text{C}$ تغییر نخواهد کرد .

کد رنگی کابلهای متعادل کننده

کد رنگی کابلهای متعادل کننده براساس استانداردهای EN60584 ، DIN43713 (سال 1990) مشخص شده . برای ترموکوپل ها و بر اساس استاندارد EN60584 طبق جدول 6 میباشد . به این مفهوم : شاخه مثبت دارای همان رنگ روکش کابل و شاخه منفی آن به رنگ سفید است . ترموکوپل های " قدیمی " نوع U ، L طبق استاندارد DIN43713) جدول شماره 7) دارای کدبندی رنگی متفاوتی هستند . برای

ترموکوپل Pt30Rh-PtRh

نوع B هیچ جزئیاتی وجود ندارد . کابلهای اتصال مسی معمولی (به رنگ مسی) را در این حالت میتوان بعنوان کابلهای متعادل کننده مورد استفاده قرار داد . طبق استاندارد DIN43713 هسته های کابل جهت حفاظت در مقابل اثرات الکترو مغناطیسی ، بهم تابیده شده اند . حفاظ اضافی دیگر را میتوان با استفاده از ورق نازک فلزی تدارک دید . مقدار مقاومت (اهمیک) عایق هسته ها در حداکثر دمای کار عملیاتی نبایستی کمتر از $10^7 \Omega \cdot \text{m}^{-1}$ باشد و در صورتیکه ولتاژ از 500VAC تجاوز کنند سه دی الکتریک عایق شکسته و از بین میرود .

علاوه بر کدهای رنگی مورد استفاده برای کابلهای جبران کننده همچنین طبق استاندارد DIN 4374 سال 1979 (جدول شماره 8) نیز وجود دارد که کدهای رنگی اشاره شده مذکور متفاوت است . چنانچه کدهای رنگی وجود نداشته باشند ، مشخصات کابلها را نمیتوان بوسیله مغناطیس ، رنگ یا سختی تشخیص داد . کابلهای متعادل کننده نوع KCB و KCA با کابل حرارتی Kx و ترموکوپل نوع K دارای یک شاخه مثبت مغناطیسی متفاوت است .

ساختمان / ساختار ترموکوپلها

بغیر از تعداد کم و بیش و نامحدود مدلهای خاصی از ترموکوپل، ترموکوپل هائی همچنین وجود دارند که محفظه های آنها کاملاً" منطبق با استانداردهای تعریف شده و مشخص میباشد.

ترموکوپلهای دارای نوک (سر) ترمینال

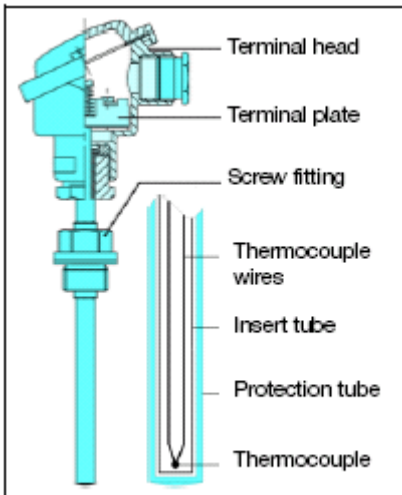


Fig. 4: Construction of a thermocouple

این ترموکوپلها دارای ساختار مدولار میباشند و شامل ترموکوپل مناسب، تیوپ جا اندازی (نصب)، صفحه ترمینال، تیوپ حفاظتی و نوک (سر) ترمینال است. یک فلنج یا یک پیچ جهت محکم کردن نیز میتواند برای نصب و قرار دادن در وضعیت مورد نظر مورد استفاده قرار گیرد.

جزء مربوط به اندازه گیری (measuring insert) یک بخش کامل میباشد که شامل سنسور ترموکوپل و صفحه ترمینال است که دارای یک تیوپ نصب به قطر 6 یا 8 میلیمتر میباشد که جنس آن طبق استاندارد DIN 17681 از SnBz6 برونز (با تحمل دما تا 300 °C) یا نیکل است. آن در داخل تیوپ حفاظتی قرار میگیرد که جنس آن اغلب از استیل زنگ نزن میباشد.

انتها (سر) تیوپ نصب برای حصول اطمینان از یک مبادله حرارتی خوب و مناسب، کاملاً" با داخل صفحه انتهائی تیوپ حفاظتی در تماس میباشد. پیچ های جهت محکم کردن در محل نصب مجهز به فنرهای مربوطه جهت حصول اطمینان از استقرار ثابت آنها میباشد، لذا حتی در موقع برقراری یک اختلاف افزایش انبساط بین تیوپ حفاظتی و تیوپ نصب نیز یک تماس مناسب و خوبی ایجاد میشود.

به این ترتیب از جابجائی راحت و بدون زحمت تیوپ نصب اطمینان حاصل میشود. ترمومترها در حالات تکی و دو تائی (جفتی) نیز در دسترس است. ابعاد آن براساس استاندارد

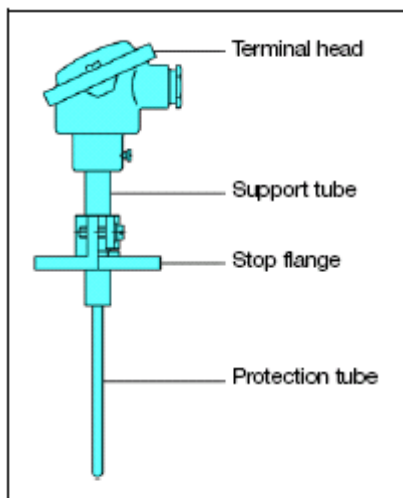


Fig. 5: Thermocouple with ceramic protection tube

DIN43735 میباشد. چنانچه هیچگونه اندازه گیری مورد استفاده قرار نگیرد، ترموکوپل مستقیماً" در تیوپ حفاظتی دارای عایق سرامیکی باید قرار گیرد. انتخاب جنس و مواد تیوپ حفاظتی به وضعیت های: حرارتی (دما)، شیمیائی و مکانیکی بستگی دارد.

تیوپ های حفاظتی فلزی:

در استیل با دمای بسیار زیاد بعنوان مثال عطف به مواد طبق استاندارد 4749 را برای دما های تا 1150 °C مورد استفاده قرار میگیرد. مقاومت در مقابل خوردگی مواد تیوپ حفاظتی در استاندارد DIN43720 شرح داده شده است.

این جزئیات فقط یک اطلاعات کلی را ارائه میدهد و استفاده کننده (از ترموکوپل) مسئولیت کامل ارزیابی جنس تیوپ حفاظتی جهت توانمندی و مناسب بودن وضعیت اعمال نیروهای مکانیکی و

(در غیر اینصورت لازم است که مقدار اعمال بار مکانیکی مشخص گردد) در هوای تمیز و بدون آلودگی است.

تیوپ های حفاظتی از نوع سرامیکی:

در محل و وضعیت هائی بکار گیری میشوند که استفاده از وسائل فلزی مجاز نباشد یا به دلایل شیمیائی یا بعلا دماهای بسیار زیاد نباید از وسائل فلزی استفاده شود. کاربرد اصلی آن در دماهای بین 1000 و 1650 درجه سانتیگراد است. آنها ممکن است در تماس مستقیم (مواد) واسط یا واسطه باشند

یا ممکن است منجر به مسمومیت شده و موجب تغییر شکل تدریجی ترموکوپل گردد. مقاومت سرامیک به شوک دما با هدایت حرارتی و نیروی کششی آن افزایش می یابد و برای یک ضریب انبساط حرارتی کمتر، بزرگتر میشود. ضمانت دیواره و جداره مواد همچنین مهم میباشد و جداره نازک تیوپ ها نسبت به جداره ضخیم تر آن ارجم و برتری دارد.

مواد و جنس سرامیک در ترموکوپل های بسیار عالی بایستی از خلوص بسیار زیادی برخوردار باشد. **ترموکوپل های پلاتین** نسبت به مسمومیت ناشی

از مواد شیمیائی خارجی بخصوص سیلیکون، آرسینک، فسفورها، سولفور و بورون بسیار حساس میباشد. بنابراین تا آنجا که ممکن است برای حصول اطمینان از اینکه عایق و تیوپ حفاظتی برای استفاده از دما های بسیار زیاد شامل این مواد نباشند بایستی دقت زیادی بعمل آورد. یک

ترموکوپل دارای تیوپ حفاظت سرامیک

ماده که خطرات آسیب زیادی دارد SiO_2 میباشد مسمومیت ایجاد شده بایستی سریعاً " در يك محیط خنثي یا اتمسفر احیاء کننده تخلیه گردد و باعث تبدیل SiO_2 به SiO شود که با قفل و انفعال با پلاتین باعث تشکیل Pt_5Si_2 شود. مقدار کم SiO_2 در حد 0/2 % موجود در مواد تیوپ حفاظتی برای ایجاد يك محیط احیاء کننده جهت تشکیل سیلیسیه کافی میباشد. بنابراین ترموکوپلهای دارای تیوپ های حفاظتی که نسبت به گاز نفوذ پذیر هستند نمیتواند در محیط احیاء کننده از قبیل کوره ها مورد استفاده قرار گیرند اما در يك محیط اکسید کننده یا تحت پوشش يك گاز حفاظتی هستند مجاز میباشد. اگر از يك تیوپ داخلی سرامیک غیرقابل نفوذ گاز مورد استفاده قرار میگیرد، تیوپ حفاظتی خارجی میتواند نسبت به گاز نفوذ پذیر باشد.

در يك حد دمایی بسیار زیاد، خواص و ویژگیهای مواد عایقی مهم نمیشوند. تیوپ های حفاظتی در اکسید آلومینیوم (KER 610) و اکسید مگنز در دمایی 1000°C يك هدایت خوبی را از خود ایجاد مینمایند که طبق ایجاد يك پدیده (اثر) شنت باعث ایجاد خطاهایی در سیگنال ترموکوپل مینماید. خاصیت عایقی سرامیک ها با افزایش شدت قلیائی محیط، کاهش یافته و کیفیت خود را از دست میدهند. سرامیک های دارای اکسید آلومینیوم خالص، بهترین مشخصه را ارائه میدهند. بنابراین، KER 710 برای جدا کننده های چهار سوراخه و تیوپ های حفاظتی مورد استفاده قرار میگیرند.

دو نوع سرامیک های غیر قابل نفوذ در مقابل گاز مشروح ذیل منطبق با مشخصات استاندارد DIN43724 میباشد.

KER 710 :

يك اكسید سرامیک است که متجاوز از 99/7 % اكسید آلومینیوم (Al_2O_3) با کمی MgO , Si_2O و Na_2O است که تا 1900°C در مقابل آتش مقاوم میباشد و دارای يك نقطه ذوب 2050°C میباشد که بهترین ماده سرامیکی است که در 1000°C دارای مقاومت عایقی $10^4 \Omega \times \text{cm}$ بوده و تحت تغییرات دما نیز يك مقاومت (مکانیکی) خوبی ارائه میدهد و تمام این ویژگیهای خوبی را که دارد بدلیل هدایت حرارتی بسیار زیاد و تا اندازه ای، ضریب انبساط حرارتی کم آن است. همراه ترموکوپل های پلاتین، میله جدا کننده و تیوپ حفاظتی بایستی از ماده KER 710 باشد.

ماده KER 610 از خاصیت قلیائی بیشتری برخوردار است و بنابراین این دارای مقاومت عایقی کم و در 1000°C حدود $10^4 \Omega \times \text{cm}$ میباشد.

بعلت داشتن دي اكسید سیلیکون بسیار زیاد نمیتوان آنرا در محیط احیاء کننده مورد استفاده قرار داد. در مقابل مقایسه با KER 710 فقط دارای يك نهم هدایت حرارتی بوده و از ثبات مکانیکی خوبی برخوردار است. مزیت KER 610، ارزان بودن آن است که حدود فقط يك پنجم قیمت KER 710 است.

برای سر های (نوک ها) ترمینال طبق استاندارد DIN43729 دو شکل و یا دو نوع A و B وجود دارد که اندازه آن متفاوت و همچنین تفاوت اندکی در ویژگی آنها وجود دارد که اندازه آن متفاوت و همچنین تفاوت اندکی در ویژگی آنها وجود دارد.

شکل 6 سر (قسمت انتهائی) ترمینال طبق استاندارد DIN43729 نوع یا فرم B آلومینیوم در ساخت آن مورد استفاده قرار میگیرد.

نوع حفاظتی آن از استاندارد برخوردار نمیشود و معمولاً طبق IP 54 در مقابل ترشح یا پوشش آب مقاوم است. قطر اسمی (نامی) سوراخ نگهدارنده تیوپ حفاظتی بقرار زیر است.

Form A: 22, 24 or 32 mm.
Form B: 15 mm or thread M24 x 1.5.

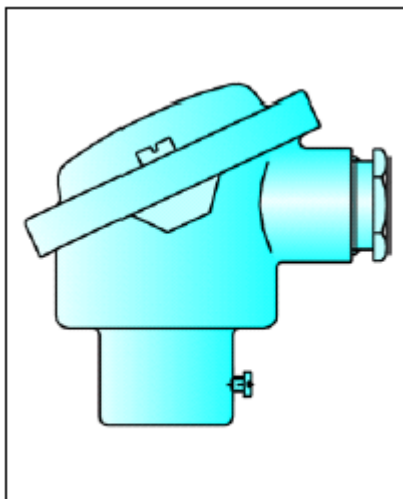


Fig. 6: Terminal head to DIN 43 729, Form B

ترموکوپلها بر اساس استاندارد DIN4340

ترموکوپلهای مورد استفاده بعنوان کنترلر یا محدود کننده های دما برای سیستمهای گرمایش خاص، بایستی منطبق با استاندارد DIN43740 بوده و مضافاً بایستی از تائیدیه TUV نیز برخوردار باشد.

ترموکوپلها بایستی تاب تحمل تا 15% حد ماکزیمم دمایی کار را برای حداقل 1 ساعت را داشته باشند و بایستی در زمانهای مشخص و متعادل عکس العمل داشته باشند (بطور مثال زمان برای رسیدن به 0/63 % دما در هوا $t_{0.63}=120\text{sec}$) ترمومترها برای تحمل نیروهای مکانیکی ناشی از اعمال فشارهای خارجی و سرعت جریان (فلو) در دمایی بهره برداری طراحی شده اند. بدون اخذ تائیدیه TUV هیچگونه تغییراتی در ترمومترها مجاز نمیشود.

ترموکوپلها ی دارای کابل متعادل کننده

ترموکوپلهائی که کابل متعادل کننده به ضمیمه آنها است دارای جزء (نصب) برای اندازه گیری یا نوک (سر) ترمینال نیستند. این ترموکوپلها مستقیماً به کابل حرارتی یا به کابل متعادل کننده وصل میشوند و در احاطه تیوپ حفاظتی قرار دارند. با چین دار کردن (به شکل

آکوردئونی (تیوپ حفاظتی در ابتدای کابل متعادل کننده ، آزاد سازی و خنثی سازی تنش وارده خنثی میگردد .
جداسازی این ترموکوپل بطور عادی و نرمال انجام میشود ، برای تماس حرارتی بهتر ، آن میتواند به سر تیوپ حفاظتی جوش شود . اصولاً حداکثر دمایی کار بوسیله ثبات و استقامت حرارتی غلاف و عایق کابل مشخص میشود . جدول شماره 9 بعنوان مثال هائی در این مورد چندین نوع جنس عایق و حدود حداکثر دمایی مربوط به آنها نشان میدهد .

Material	Max. temperature °C
PVC	80
Silicone	180
PTFE	260
Glass fiber	350

Table 9: Temperature limits of insulation materials

انواع طرحهای مختلف زیادی برای ترمومتر وجود دارد و آنها اغلب برحسب نیازهای خاص اعلام شده و مناسب مشتریان طراحی میشوند . تعدادی از اطلاعات مربوط به مشخصه آنها بشرح ذیل میباشد :

- قطر : 0.5 - 6mm
- طول : 35 - 150mm
- جنس تیوپ حفاظتی : استیل زنگ نزن ، استیل مقاوم در مقابل حرارت یا از جنس برنج
- سوار کردن : سوار شده یا توسط فلانچ کشویی ، تثبیت شده توسط پیچ یا گیره

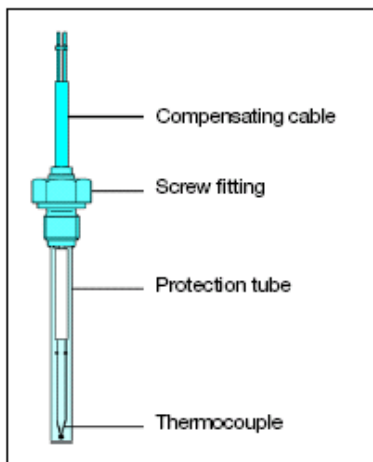


Fig. 7: Construction of a thermocouple with compensating cable

ترموکوپلهای دارای وسیله مهندسی جهت محکم کردن (نظر کلاهک نصب شده در روی گیره)

نوع دیگر ترموکوپلها از نوع گیره کلاهک دار جهت محکم کردن آن است . فنر فشاری از نوع استیل زنگ نزن (عطف (بازگشت) به موارد استاندارد 1/4310) همچنین بعنوان یک نگهدارنده کابل عمل نمایند و باعث حصول اطمینان یکنواختی فشار در تیوپ حفاظتی و تماس نوک سنسور به سوراخ پائینی میشود . با چرخاندن قفل گیره کلاهک دار طول آن تغییر میکند . گیره کلاهک دار و ساکت های آن به قطرهای 12 ، 15 و 16 میلیمتر ساخته شده و در دسترس میباشد . ترموکوپلها دارای وسیله محکم کردن (شبیه گیره کلاهک دار) برای اندازه گیری دماهای اجسام جامد ، در روی بیرینگ ها و ابزارآلات غیر مسطح بطور مثال در صنایع پلاستیک سازی ، مورد استفاده قرار میگیرد . بعلاوه شکل خاص نوک سنسور ، این ترموکوپلها برای اندازه گیری دما روی اجسام مسطح و انحناء دار مورد استفاده قرار میگیرد .

ترموکوپلهای دارای عایق مواد معدنی :

این ترموکوپلها با عایق مواد معدنی شامل یک غلاف با دیواره نازک از جنس استیل زنگ نزن یا استیل مقاوم در دمای بسیار زیاد (Inconel 600) که سیمهای ترموکوپل در اکسید منگنز فشرده و مقاوم در مقابل آتش و شعله قرار داده شده است . انتقال جالب و عالی حرارت بین غلاف (پوسته) و ترموکوپل باعث دریافت سریع پاسخ (ثانیه $t_{0.5} = 0.1$) بوده و همراه با دقت بسیار زیاد انجام میشود .

پوسته (غلاف) قابل انعطاف ، با حداقل شعاع خمش به اندازه 5 برابر قطر خارجی 0.5 - 6mm ، اندازه گیری دما در جا و محل هائی که دسترسی به آنها مشکل میباشد را امکان پذیر میسازد .

ضمناً ساختار مقاوم در مقابل شوک و ضربه نیز باعث طول عمر مفید طولانی آن گردیده است .

ترموکوپل های دارای عایق مواد معدنی به انواع مختلف و خاصی که دارند مورد نیاز ، ماشین آلات و سیستمهای صنایع شیمیائی ، مراکز نیروگاههای الکتریکی ، خطوط لوله در مراحل تست و هر جائیکه مقاومت در مقابل لرزش و احتیاج به خاصیت انعطاف پذیری و نصب سریع داشته باشند مورد تقاضا و کاربرد دارد .

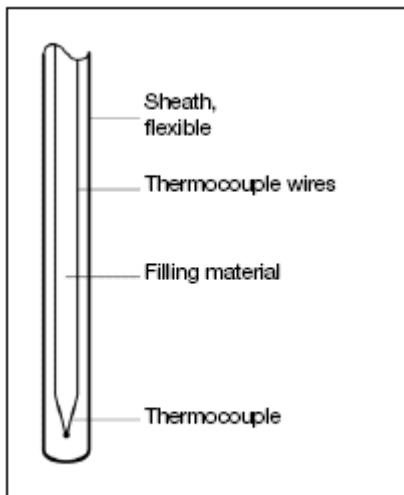
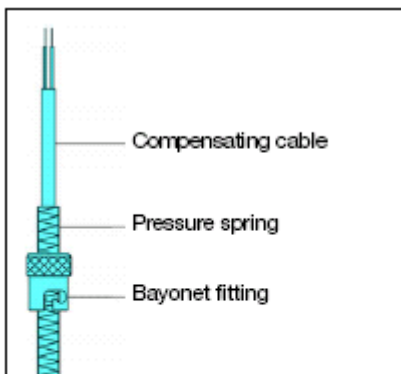


Fig. 9: Construction of a mineral-insulated thermocouple

اتصال ترموکوپلها

طول کابل متعادل کننده در مقایسه با کوچکتر و کمتر بودن مقاومت داخلی کابل از اهمیت کمتری برخوردار است. در صورت طویل بودن طول کابل متعادل کننده و کوچک بودن سطح مقطع آن، مقاومت کابل، نسبتاً بزرگ می‌شود.

برای اجتناب از خطاها، مقاومت مدار ورودی دستگاه بایستی لااقل 100 برابر مقاومت ترموکوپل وصل شده به سیستم باشد.

لازم و ضروری است که جنس کابل جبران کننده از همان جنس ترموکوپل استفاده شود و یا از همان مشخصه های ترموکوپل باشد در غیر اینصورت مثل این است که در نقطه اتصال یک ترموکوپل اضافی تشکیل شده است. کابل متعادل کننده را باید به اتصال سرد ترموکوپل وصل نمود و در موقع اتصال به ترموکوپل رعایت اتصال پلاریته صحیح الزامی است.

اثرات اتصال کوتاه و پارگی (ترموکوپل)

چنانچه دمای محل اندازه گیری شده مساوی دمای نقطه اتصال سرد باشد، ترموکوپل هیچگونه پتانسیل الکتریکی را تولید نمی‌کند.

اگر یک ترموکوپل یا کابل متعادل کننده دچار اتصال کوتاه شدن گردد باعث می‌شود که در محل اتصال کوتاه شدن یک نقطه اندازه گیری جدید ایجاد شود و چنانچه این اتصال کوتاه شدن در نوك (سر) ترمینال انجام شود بطور مثال، دمای اندازه گیری نمایانگر دمای واقعی نقطه محل مورد نظر را ندارد و فقط مربوط به دمای نوك (سر) ترمینال است. چنانچه مدار اندازه گیری دچار پارگی و قطع واقع شود، دستگاه مقداری دما در محل اتصال سرد را نشان می‌دهد.

خطا های اندازه گیری ناشی از نصب

یک سوند دما فقط می‌تواند دمای سنسور حساس خود را نشان دهد. لزوماً این دما مساوی همان دمای نقطه مورد نظر نمی‌باشد. نظر به اینکه ترمومتر بطور کامل در محل مورد نظر اندازه گیری دما قرار نمی‌گیرد فقط نمایانگر دمای اطراف آن را دارد به این دلیل باعث خطای هدایت گرمایی می‌شود. مقدار این خطا به تعدادی از عوامل زیر بستگی دارد:

- دمای محیط مورد نظر
- مشخصه های حرارتی محیط مورد نظر
- سرعت (فلو) سیال و مقدار طولی که ترمومتر در سیال قرار دارد.
- یک عامل مهم در کاهش موثر خطا به انتخاب مناسب قرار گرفتن در نقطه مورد نظر است بطوریکه مقدار عمق قرار دادن ترمومتر در سیال مخصوصاً از اهمیت ویژه ای برخوردار است.
- بعنوان یک راهنمایی مقدماتی برای اندازه گیری دمای یک مایع است که عمق قرار گرفتن ترمومتر در مایع بایستی لااقل 15 برابر قطر ترمومتر باشد. برای کاربردهای بسیار مهم یا دسترس به دقت بسیار زیاد و کاهش خطا بایستی محل قرار گرفتن دستگاه بوسیله یک تست اندازه گیری مورد بررسی و کنترل قرار گیرد. برای این منظور لازم است که ترمومتر را از وضعیت عادی نصب حدود 10 میلیمتر از سیال خارج کرده و دمای نمایش را مورد توجه قرار دهیم.

عیب یابی

یکی از رایج ترین ایجاد عیب، عدم استفاده و یا استفاده نادرست کابل متعادل کننده از ترموکوپل را میتوان به راحتی و با بکارگیری مستمر یک وسیله آزمایش یا اهمتر مورد بررسی قرار داد. عملکرد ترموکوپل و صحت پلاریته آنرا میتوان با یک ولتمتر (میلی ولت متر) و حرارت دادن نوك سنسور، مورد آزمایش قرار داد.

خطاهای ممکنه ناشی از اتصال و اثرات آن بشرح زیر میباشد :

- _ نمایش دهنده مقدار دما در اطاق کنترل مقدار دمای ترموکوپل نمایانگر باز بودن ترموکوپل یا کابل (متعادل کننده) آن است.
- _ نمایش دهنده مقدار صحیح (دما) را نشان میدهد ولی علامت آن منفی است. (پلاریته در نمایش دهنده معکوس شده است)
- _ نمایش بوضوح مقدار فوق العاده زیاد یا فوق العاده کم را نشان میدهد.
- (a) نمایانگر تناسب نادرست دستگاه نمایش دهنده
- (b) بدلیل نادرست بودن کابل متعادل کننده یا اتصالات جابجائی آن است.
- _ نمایش دهنده یک مقدار ثابت را فوق العاده زیاد یا فوق العاده کم نشان میدهد. دلیل آن دمای نادرست اتصال سرد است.
- _ مقدار نمایش صحیح ولی علیرغم دمای ثابت اندازه گیری شده و به آهستگی تغییر میکند.
- دلیل آن ثابت نبودن دمای اتصال سرد یا بطور صحیح مورد بررسی قرار نگرفته است.

- دما همچنان با شرائط قطع يك شاخه (مدار) نشان داده میشود .
- a (دلیل ان تداخل امواج الكترو مگنتيك در روي كابل ورودي است
- b (ایجاد ولتاژ پارازيت بدلیل نداشتن عايق و يا وجود عيب در روي عايق الكتريكي است
- .
- بطور مثال در كوره ها
- در موقعيكه هر دو شاخه ترموكوپل قطع شده قرائت بسيار زيادي نشان داده میشود .
- a (تداخل امواج الكترو مگنتيك در روي كابل ورودي
- b (ولتاژهاي گالوانيك پارازيت بطور مثال : بدلیل کاهش عايق كابل متعادل كننده

توجهات ایمنی :

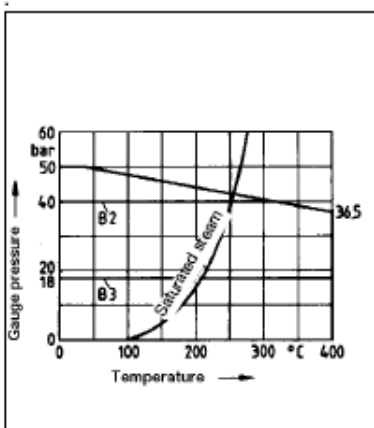
تمام کیفیت نقاط جوشکاری شده در روي ترمومترها و قسمتهای مختلف بایستی با توجه به بخش 113 سیستم استاندارد DIN8563 مورد بررسی قرار گیرد . مقرارت و آئین نامه های مخصوص کاربردی معین (بطور مثال ظروف تحت فشار) بایستی بموجب بخش 24 مقررات آلمان مورد بررسی و کنترل قرار گیرد . در جایی که کاربر نیازهای خاصی را مورد توجه قرار میدهد بایستی کیفیت جوش بموجب استانداردهای EN287 و EN288 مورد کنترل قرار گیرد .

اعمال نیروهای فشار برای سند های دما

مقاومت در مقابل فشار در سیستم حفاظتی از قبیل مواردی که ترمومترهای الكتريكي مورد استفاده قرار میگیرد به مقدار زیادی به پارامترهای مختلف پروسس بستگی دارد.

این پارامترها شامل موارد مشروح ذیل میباشد :

- دما
 - فشار
 - سرعت سیال
 - ارزش
- علاوه بر این ، مشخصات فیزیکی از قبیل موارد ، طول و قطر و نوع اتصال به پروسس نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد .
- دیگرام های مشروح زیر با استفاده از استاندارد DIN43763 میباشد و مقدار حد نیرو برای انواع مختلف دما ، طول سند قرار گرفته در سیال ، سرعت سیال و نوع سیال نشان داده شده است .



شکل 10 : فشار اعمال شده برای تیوپ حفاظتی در فرم B

سرعت تا 25m/sec در هوا

سرعت تا 3m/sec در آب

استیل زنگ نزن 1/4571

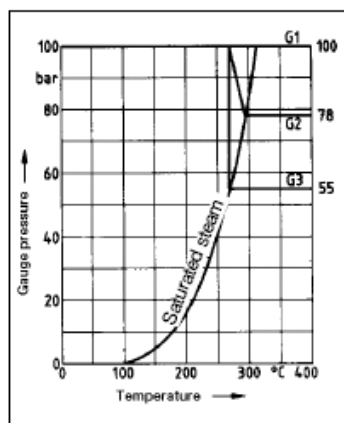


Fig. 11: Pressure loading for protection tube Form G

استیل زنگ نزن 1/4571

سرعت تا 40m/sec در هوا

سرعت تا 4m/sec در آب

شکل 11 : فشار اعمال شده برای تیوپ حفاظتی

همانطور که در مطالب استاندارد شرح داده شده ، مقادیر نشان داده شده مقادیر راهنما هستند که بایستی برای کاربرد خاص بطور جداگانه و مخصوص مورد آزمایش قرار گیرد . تفاوت های مختصری در وضعیت های اندازه گیری ممکن است به مقدار کافی باعث آسیب رساندن به تیوپ حفاظتی گردد .

اگر در موقع سفارش ترمو الکتریکی قسمت حفاظتی آن نیاز به بررسی و کنترل داشته باشد بایستی نوع بار و مقادیر حد را مشخص نمود.

شکل 12 محدوده بار (مقادیر راهنما) برای ابعاد مختلف تیوپ در انواع طرحهای اضافی ترمومترها را نشان میدهد.

این اطلاعات مربوط به تیوپ های حفاظتی با جنس استیل زنگ نزن 1/4571 بطول 100 میلیمتر و برای سرعت سیال 10 m/s در هوا یا 4 m/s در آب و در محدوده دمایی از 20 - تا +100 درجه سانتیگراد میباشد. یک فاکتور ایمنی مساوی 1/8 نیز در نظر گرفته شده است. برای دماهای بیشتر یا مواد مختلف، این دمای ماکزیمم بایستی به مقادیر درصد داده شده در جدول داده شده تقسیم گردد.

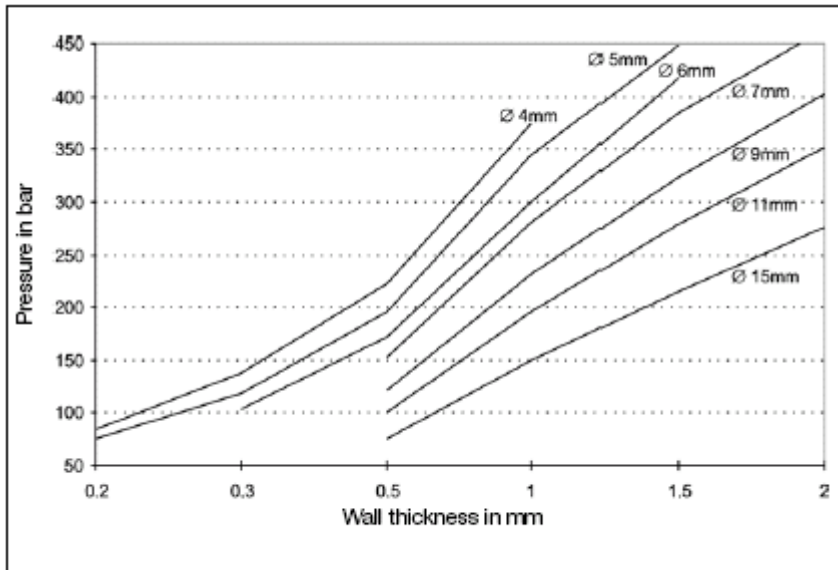


Fig. 12: Load limits on protection tubes for various tube dimensions

شکل 12 : حدود بار فشاری در تیوپ حفاظتی برای قطرهای مختلف تیوپ

Material	Temperature	Reduction
CrNi 1.4571	up to +200°C	-10%
CrNi 1.4571	up to +300°C	-20%
CrNi 1.4571	up to +400°C	-25%
CrNi 1.4571	up to +500°C	-30%
CuZn 2.0401	up to +100°C	-15%
CuZn 2.0401	up to +175°C	-60%

نگهدارنده حفاظتی جوشکاری شده ترمومترهای JUMO موضوعات مورد توجه به لحاظ آزمایش نشستی یا آزمایش فشار است که به ساختمان نگهدارنده حفاظتی بستگی دارد .

ترموترهایی که براساس استاندارد DIN یا براساس کاربرد خاص (شیمیایی یا دستگاهها و ماشین آلات پتروشیمی ، مقررات و آئین نامه ظروف تحت فشار ، بویلرهای (بخار) برحسب کاربرد خاصی که دارند ساخته میشود برحسب کاربرد خاص آنها نیازمند به انواع مختلف آزمایش های فشار میباشند .

اگر ترمومترها قرار باشد که طبق این چنین استاندارد هائی ساخته شوند در موقع سفارش بایستی انواع تست های مورد نیاز یا استاندارد های مربوطه و یا راهنمائی های لازم در این مورد مشخص گردند .

حوزه (محدود) تست

آزمایشات میتواند در نگهدارنده حفاظتی تا تمام طول 1050 میلیمتر آن همراه با اتصال فلانچ طبق استاندارد EN 10204 (با قبول هزینه های اضافی آن) اجرا گردد .

Test type	Test medium	Pressure range	Test duration
Leakage test	helium	vacuum	10sec
Pressure test I	nitrogen	1 – 50bar	10sec
Pressure test II	water	50 – 300bar	10sec

نوع آزمایش

آزمایشات میتواند در نگهدارنده حفاظتی تا تمام طول 1050 میلیمتر آن همراه با اتصال فلانچ طبق استاندارد DN25 یا یک پیچ اتصال تا اندازه دندانه 1 لینچی .

آزمایش نشستی

در داخل تیوپ حفاظتی ، خلاء ایجاد میکنیم . از خارج هلیوم به نگهدارنده حفاظتی تزریق میکنیم . چنانچه نشستی در تیوپ حفاظتی وجود داشته باشد ، هلیوم از محل نشستی در آن نفوذ کرده و نفوذ هلیوم توسط دستگاه آنالیزور تشخیص داده میشود . با افزایش فشار هلیوم (بزرگتر از 1×10^{-6} بار) مقدار و میزان نشستی مورد ارزیابی قرار میگیرد .

تست 1 فشار

یک فشار مثبت از نیترژن از خارج به تیوپ حفاظتی اعمال میشود . در صورتیکه در اتصالات یک نشستی وجود داشته باشد یک حجمی از فلو در داخل تیوپ حفاظتی ایجاد میشود که مورد تشخیص واقع میشود .

تست 2 فشار

فشار آب از خارج به تیوپ حفاظتی اعمال میشود . برای یک مدت زمانی بایستی این فشار ثابت باقی بماند و اگر مقدار این فشار ثابت نماید اتصالات لوله حفاظتی دارای نشستی است .

پروسس های جوشکاری دارای کیفیت خوب برای تولید و ساخت تیوپ های حفاظتی ترمومترها

علاوه بر استفاده از مواد با کیفیت بسیار خوب ، استفاده از تکنیک اتصال مرحله نهائی جهت پایداری مکانیکی و کیفیت اتصالات حفاظتی از اهمیت خاصی برخوردار است . به این دلیل است که تکنیک های جوشکاری در کمپانی JUMO از استانداردهای اروپائی EN287 , EN288 استفاده میشود . جوشکاری دستی بوسیله جوشکاران ورزیده و ماهر منطبق با استاندارد EN287 میباشد . پروسس های جوشکاری اتوماتیک نیز طبق دستورالعمل جوشکاری WPS (دستورالعمل جوشکاری) و طبق استاندارد EN288 انجام میشود . جدول زیر یک نظر اجمالی از پروسس جوشکاری حائز شرایط را ارائه میدهد .

Material	WIG welding	
	manual	automatic
W11, W11 with W01-W04 to EN 287	Tube diameter 2 – 30mm Wall thickness 0.75 – 5.6mm	Tube diameter 5 – 10mm Wall thickness 0.5 – 1.0mm

پروسس های جوشکاری با بسیار عالی و حائز شرایط

Table 10: Qualified welding processes

کیفیت

جدول ولتاژ برای ترموکوپل ها طبق استاندارد EN 60584

برای هر میلی ولت جهت مراحل 10°C (با شرط دمایی اتصال سرد مساوی 10°C)

Voltage table for thermocouples to EN 60 584

in mV for 10°C temperature steps (0°C cold junction)

Pt13Rh-Pt R										
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0.054	0.111	0.171	0.232	0.296	0.363	0.431	0.501	0.573
100	0.647	0.723	0.800	0.879	0.959	1.041	1.124	1.208	1.294	1.380
200	1.468	1.557	1.647	1.738	1.830	1.923	2.017	2.111	2.207	2.303
300	2.400	2.498	2.596	2.695	2.795	2.896	2.997	3.099	3.201	3.304
400	3.407	3.511	3.616	3.721	3.826	3.933	4.039	4.146	4.254	4.362
500	4.471	4.580	4.689	4.799	4.910	5.021	5.132	5.244	5.356	5.469
600	5.562	5.696	5.810	5.925	6.040	6.155	6.272	6.388	6.505	6.623
700	6.741	6.860	6.979	7.098	7.218	7.339	7.460	7.582	7.703	7.826
800	7.949	8.072	8.196	8.320	8.445	8.570	8.696	8.822	8.949	9.076
900	9.203	9.331	9.460	9.589	9.718	9.848	9.978	10.109	10.240	10.371

Voltage table for thermocouples to EN 60 584

in mV for 10°C temperature steps (0°C cold junction)

Cu-Con T										
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-5.603	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-3.378	-3.656	-3.923	-4.177	-4.419	-4.648	-4.865	-5.069	-5.261	-5.439
0	0	-0.383	-0.757	-1.121	-1.475	-1.819	-2.152	-2.475	-2.788	-3.089
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0.391	0.789	1.196	1.611	2.035	2.467	2.908	3.357	3.813
100	4.277	4.749	5.227	5.712	6.204	6.702	7.207	7.716	8.235	8.757
200	9.286	9.820	10.360	10.905	11.456	12.011	12.572	13.137	13.707	14.281
300	14.860	15.443	16.030	16.621	17.217	17.816	18.420	19.027	19.638	20.252

Fe-Con J										
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-7.890	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-4.632	-5.036	-5.426	-5.801	-6.159	-6.499	-6.821	-7.122	-7.402	-7.659
0	0	-0.501	-0.995	-1.481	-1.960	-2.431	-2.892	-3.344	-3.785	-4.215
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0.507	1.019	1.536	2.058	2.585	3.115	3.649	4.186	4.725
100	5.268	5.812	6.359	6.907	7.457	8.008	8.560	9.113	9.667	10.222
200	10.777	11.332	11.887	12.442	12.998	13.553	14.108	14.663	15.217	15.771
300	16.325	16.879	17.432	17.984	18.537	19.089	19.640	20.192	20.743	21.295
400	21.846	22.397	22.949	23.501	24.054	24.607	25.161	25.716	26.272	26.829
500	27.388	27.949	28.511	29.075	29.642	30.210	30.782	31.356	31.933	32.513
600	33.096	33.683	34.273	34.867	35.464	36.066	36.671	37.280	37.893	38.510
700	39.130	39.754	40.382	41.013	41.647	42.283	42.922	43.563	44.207	44.852

موکوپل ها طبق استاندارد EN 60584
برای هر میلی ولت به ازاء مراحل 10°C (با شرط دمایی انتقال سرد مساوی 0°C)

جدول ولتاژ برای ترموکوپل ها طبق استاندارد EN 60584
 برای هر میلی ولت به جهت تغییرات 10°C (با شرط دمایی نقطه انتقال
 سرد مساوی 0°C)

Voltage table for thermocouples to EN 60584

in mV for 10°C temperature steps (0°C cold junction)

Cu-Con T										
$^{\circ}\text{C}$	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-5.603	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-3.378	-3.656	-3.923	-4.177	-4.419	-4.648	-4.865	-5.069	-5.261	-5.439
0	0	-0.383	-0.757	-1.121	-1.475	-1.819	-2.152	-2.475	-2.788	-3.089
$^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0.391	0.789	1.196	1.611	2.035	2.467	2.908	3.357	3.813
100	4.277	4.749	5.227	5.712	6.204	6.702	7.207	7.718	8.235	8.757
200	9.286	9.820	10.360	10.905	11.456	12.011	12.572	13.137	13.707	14.281
300	14.860	15.443	16.030	16.621	17.217	17.816	18.420	19.027	19.638	20.252

Fe-Con J										
$^{\circ}\text{C}$	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-7.890	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-4.632	-5.036	-5.426	-5.801	-6.159	-6.499	-6.821	-7.122	-7.402	-7.659
0	0	-0.501	-0.995	-1.481	-1.960	-2.431	-2.892	-3.344	-3.785	-4.215
$^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0.507	1.019	1.536	2.058	2.585	3.115	3.649	4.186	4.725
100	5.268	5.812	6.359	6.907	7.457	8.008	8.560	9.113	9.667	10.222
200	10.777	11.332	11.887	12.442	12.998	13.553	14.108	14.663	15.217	15.771
300	16.325	16.879	17.432	17.984	18.537	19.089	19.640	20.192	20.743	21.295
400	21.846	22.397	22.949	23.501	24.054	24.607	25.161	25.716	26.272	26.829
500	27.388	27.949	28.511	29.075	29.642	30.210	30.782	31.356	31.933	32.513
600	33.096	33.683	34.273	34.867	35.464	36.066	36.671	37.280	37.893	38.510
700	39.130	39.754	40.382	41.013	41.647	42.283	42.922	43.563	44.207	44.852

Tolerance classes

for thermocouples (0°C cold junction) to EN 60584

Thermocouple	Operating range	Class 1	Tolerance (±) ¹
copper/constantan T	-40 to + 350°C		0.5°C or 0.004 x t/l
iron/constantan J	-40 to + 750°C		1.5°C or 0.004 x t/l
nickel-chrome/constantan E	-40 to + 800°C		0.5°C or 0.004 x t/l
nickel-chrome/nickel K	-40 to +1000°C		1.5°C or 0.004 x t/l
platinum-13% rhodium/platinum R	0 to +1600°C		1 °C or [1+(t-1100) x 0.003]°C
platinum-10% rhodium/platinum S	0 to +1600°C		1 °C or [1+(t-1100) x 0.003]°C
platinum-30% rhodium/platinum-6% rhodium B	-		-

Thermocouple	Operating range	Class 2	Tolerance (±) ¹
copper/constantan T	-40 to + 350°C		1 °C or 0.0075 x t/l
iron/constantan J	-40 to + 750°C		2.5°C or 0.0075 x t/l
nickel-chrome/constantan E	-40 to + 900°C		1 °C or 0.0075 x t/l
nickel-chrome/nickel K	-40 to +1200°C		2.5°C or 0.0075 x t/l
platinum-13% rhodium/platinum R	0 to +1600°C		1.5°C or 0.0025 x t
platinum-10% rhodium/platinum S	0 to +1600°C		1.5°C or 0.0025 x t
platinum-30% rhodium/platinum-6% rhodium B	+600 to +1700°C		1.5°C or 0.0025 x t

Thermocouple	Operating range	Class 3 ²	Tolerance (±) ¹
copper/constantan T	-200 to +40°C		1 °C or 0.015 x t/l
iron/constantan J	-200 to +40°C		2.5°C or 0.015 x t/l
nickel-chrome/constantan E	-200 to +40°C		1 °C or 0.015 x t/l
nickel-chrome/nickel K	-200 to +40°C		2.5°C or 0.015 x t/l
platinum-13% rhodium/platinum R	-		-
platinum-10% rhodium/platinum S	-		-
platinum-30% rhodium/platinum-6% rhodium B	+600 to +1700°C		4 °C or 0.005 x t

The standard tolerance for thermocouples corresponds to DIN 43760 or EN 60584, Class 2.

Restricted tolerance to Class 1 is possible on mineral-insulated thermocouples.

تولرانس استاندارد برای ترموکوپل ها برابر استاندارد DIN43760 یا EN60584 ، کلاس 2
تولرانس محدود و منحصر" برای کلاس 1 ، برای ترموکوپل های با عایق مواد معدنی امکان
پذیر است .

1- این تولرانس مقدار مشخص شده برحسب دمای سانتیگراد یا بر اساس درصد دمای واقعی
برحسب درجه سانتیگراد است در هر کدام که
بزرگتر باشد .

2- ترموکوپل ها و سیم های ترموکوپل معمولا" از تولرانس های طبق جدول فوق برای
مقادیر دمای بیش از -40°C سانتیگراد متابعت
میکنند .

در دماهای کمتر از -40°C ، انحرافات برای ترموکوپل های با مواد مشابه و یکسان
ممکن است از تولرانس های برای کلاس 3 بیشتر شود .
در جائیکه ترموکوپل ها طبق کلاس های تولرانس 1 و 2 و / یا 3 مورد نیاز است باید

1. The tolerance is the specified value in °C or the percentage based on the actual temperature in °C,
whichever is larger.

2. Thermocouples and thermocouple wires are usually supplied conforming to the tolerances according to the table above
for the temperature range above -40°C.

At temperatures below -40°C, the deviations for thermocouples of the same material may exceed the tolerances for Class 3.

Where thermocouples according to tolerance classes 1, 2 and/or 3 are required, this has to be specified by the user;
specially selected material is then used.

جدول ولتاژ برای ترموکوپل ها طبق استاندارد DIN 43710
برای هر میلی ولت به مقدار 10°C (با دمای نقطه اتصال سرد 0°C)

Voltage table to DIN 43710

in mV for 10°C temperature steps (0°C cold junction)

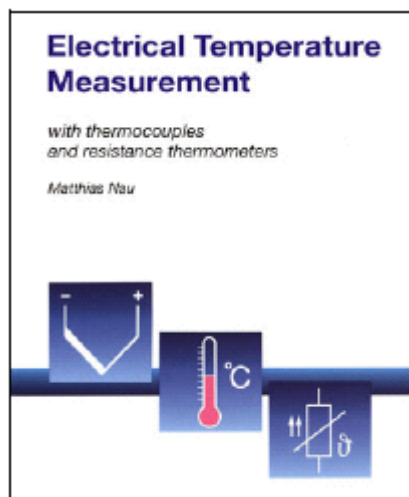


Fig. 13: Publication

اندازه گیری دمای الکتریکی

همراه با ترموکوپل ها و ترمومترهای مقاومتی (نویسنده Matthias Nau)

استفاده از سنسورهاي الكتريكي دما در مهندس صنايع اتوماتيك و خانگي و همچنين در تكنولوژي توليد واجب و ضروري و اجتناب ناپذير است . در نتيجه رشد و توسعه سريع كنترل اتوماتيك در سالهاي اخير اين نوع ترموكوپل ها در مهندسي صنعتي جاي خود را بطور استواري باز کرده اند .

شكل 13 : نشریه اندازه گيري دما بطور الكتريكي همراه با ترموكوپل ها و

ترمومترهاي مقاومتي

بنابراين بخصوص اهميت دارد كه كاربر بتواند وسيله ائي را از بين انواع بسيار زياد در دسترس براي اندازه گيري دما بطريق الكتريكي براي کاربردهاي مورد نياز انتخاب كند .

در مطالب اين نشریه 160 صفحه ائي اصول تئوري اندازه گيري دما بطور الكتريكي ، ساختمان و ساختار علمي سنسورهاي دما ، استاندارد آنها ، تولرانس ها و انواع آن ، مورد بحث قرار گرفته است .

علاوه بر اين در اين نشریه به جزئيات مربوط به اتصالات ترمومترهاي الكتريكي ، طبقه بندي آنها بر اساس استاندارد DIN و EN استوار است ، بنابر اين بعنوان يك مجموعه راهنماي ارزشمند است كه هم براي مهندسين با تجربه عملي و هم براي افرادي است كه به تازگي در مورد و حوزه اندازه گيري دماي الكتريكي گام گذارده اند .

ميتوان يك نسخه از اين نشریه تحت شماره فروش 90/00085081 از طريق شبكه www.JUMO.net سفارش و تهيه نمود .

از مدارس ، انستيتوها و دانشگاهها خواسته ميشود و توصيه ميگردد كه بعلت قيمت زياد تكي اين نشریه ، سفارش خود را بصورت تعداد زياد سفارش دهند .

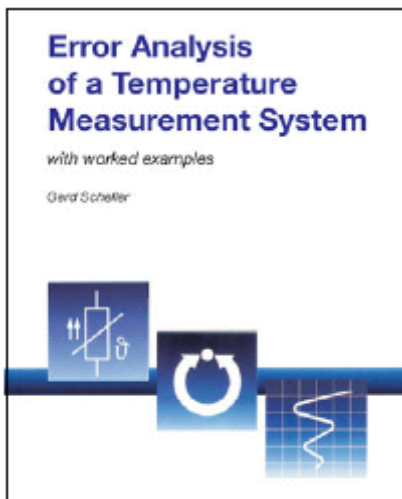


Fig. 14: Publication

تجزیه و تحليل خطاي يك سيستم اندازه گيري دما ، همراه با مثال و تمرين هاي حل شده (نويسنده Gerd Scheller)

اين نشریه 44 صفحه ائي كمك خوبي براي بررسي اندازه گيري تقريبي (دما) است و بخصوص از طريق مثال و تمرين هاي حل شده منعكس در بخش 3 كمك زيادي را در اين زمينه ارائه مينمايد . در جائيكه مشكلات ظاهر و بوجود ميآيند خوشحال خواهيم شد كه مشكلات خاص را با مشتريان و استفاده كنندگان محصولات ما ، بحث و مشورت نمائيم و توصيه هاي عملي را ارائه نمائيم .

شكل 14 : نشریه تجزيه و تحليل خطاي يك سيستم اندازه گيري دما ، همراه با مثال هاي حل شده

براي اينكه بتوانيم اندازه گيري ها را باهم مقايسه نمائيم بايستي كيفيت آنها را از روي جزئيات تقريبي مورد بررسي قرار دهيم . نشریه ISO/BI PM (راهنمائي جهت بيان اندازه گيري تقريبي) است كه در سال 1993 منتشر شده و معمولاً بعنوان GUM معروف است كه در آن يك روش استاندارد شده جهت بررسي و بيان اندازه گيري تقريبي

ارائه میگردد . این روش اقتباس از نتایج کالیبره در سراسر دنیا است . در هر صورت این کاربرد نیاز به یک کاربرد معین از دانش ریاضی دارد .

در بخش های بعدی موضوع اندازه گیری تقریبی را بطور ساده و به روش بسیار ساده و قابل فهم برای تمام کاربران سیستمهای اندازه گیری دما را مورد بحث قرار میدهد .

خطا های ناشی از سنسور های دما و اتصالات به مدارهای سنجش الکترونیکی اندازه گیری منجر به افزایش خطای اندازه گیری میگردد . به موارد مذکور بایستی به محفظه های نامطمئن سنسور و سنجش خود سیستمهای الکترونیکی نیز اضافه گردد . بنابراین انواع محفظه های اندازه گیری نامطوئن نیز با طرح تعدادی از مثال های حل شده مورد بررسی قرار گرفته است .

دانش و اطلاع از محفظه های مختلف اندازه گیری نامطمئن و دامنه و بزرگی آنها ، کاربر را قادر میسازد که از طریق انتخاب دستگاه یا تغییر شرایط نصب آنها محفظه ها و متعلقات مربوطه را تقلیل دهد . فاکتور و عامل قطعی همیشه این است که چه سطحی از اندازه گیری تقریبی برای یک اندازه گیری مشخص مورد قبول است . برای مثال اگر یک استاندارد محدوده تولرانس را برای انحراف یک دما از مقدار اسمی (نامی) مشخص مینماید ، لذا اندازه گیری تقریبی روش مورد استفاده برای اندازه گیری دما نبایستی بزرگتر از یک سوم تولرانس باشد .

میتوانید یک نسخه از این نشریه تحت شماره فروش 90/00415704 را سفارش دهید یا از طریق آدرس www.JUMO.net آنرا تهیه کنید . بعزت قیمت بسیار زیاد آن از مدارس ، انستیتوها و دانشگاهها خواسته میشود و توصیه میگردد که نیاز به نشریه به تعداد زیاد مورد نیاز خود را یکجا سفارش دهند .

سرویس و ارائه خدمات کالیبراسیون آلمان (DKD) در JUCHHEIM

گواهی آزمایشگاهی برای دما

انتظارات رو به افزایش ارتقاء کیفیت باعث پیشرفت تکنولوژی اندازه گیری و البته سیستم های با قابلیت اطمینان کیفیت از قبیل ISO 9000 شده است که در روی نقشه های طراحی پروسس ها و دستگاههای کنترل و بررسی اندازه گیری باعث گردیده که نیازهای رو به افزایش کیفیت را برآورده نمایند .

علاوه بر این اطلاعات و سئوالات رو به افزایش مشتریان و کاربرد ها برای تهیه محصولات برخوردار از استانداردهای فوق العاده زیاد نیز به این روند موثر میباشد . بخصوص نیازهای یه دقت زیاد ناشی از ISO9000 و EN4000 که بموجب آن اندازه گیری ها بایستی قابلیت رسیدن به استانداردهای ملی و یا بین المللی را دارا باشند . این موارد باعث شده اند تا شرایط حقوقی برای تهیه کنندگان و سازندگان (محصولات که پروسس به دما مربوط میشود) را مجبور نماید که تمام دستگاههای تست و آزمایش را چک (بررسی) نموده بطوریکه قبل از استفاده و بکارگیری در يك مدت معین از کیفیت محصول خود اطمینان حاصل نمایند . معمولاً این عمل با صدور گواهینامه صحت کالیبراسیون یا تنظیم دستگاهها مورد تأیید قرار میگردد . بعلاوه نیاز بسیار زیاد برای دستگاههای اندازه گیری کالیبره شده و تعداد زیاد دستگاههایی که قرار است مورد کالیبره شدن قرار گیرند

آزمایشگاههای ایالتی دارای ظرفیت کافی نیستند بنابراین آزمایشگاههای کالیبراسیون مخصوص در صنعت باین منظور تاسیس شده اند که با مرکز سرویس دهی کالیبراسیون آلمان (DKD) در ارتباط هستند و تحت نظارت سازمان PTB (سازمان تکنیک فیزیکی آلمان) برای تمام جنبه ها و موارد دستگاهها انجام وظیفه مینمایند . گواهی آزمایشگاهی ارائه خدمات کالیبراسیون آلمان در JUMO از سال 1992 در JUMO گواهینامه های کالیبراسیون برای دما را صادر میکند . ارائه این خدمات برای هر شخص گواهینامه مربوطه را سریعاً و برخوردار از هزینه معقول (اقتصادی) ارائه مینماید . گواهینامه های کالیبراسیون (DKD) میتواند برای ترمومترهای مقاومتی ، ترموکوپل ها ، دستگاههای اندازه گیری ، اطلاعات جزئی و ویژه و دستگاههای کالیبره کردن دما را از -80 تا +1100 درجه سانتیگراد ارائه گردد . جهت جستجوی استاندارد ماخذ به انتشارات مرکزی بایستی مراجعه نمود . تمام گواهینامه های کالیبراسیون (DKD) بعنوان دست یابی به اسناد و مدارک طراحی مشخص شده است و تشخیص داده میشود بدون اینکه از هیچگونه مشخصه های اضافی نام برده شود

آزمایشگاه کالیبراسیون DKD مستقر در JUMO دارای مشخصات DKD-K-09501-04 و از اعتبار استاندارد DIN ISO/IEC 17025 نیز برخوردار است .

ساختار و کاربرد ترموکوپلها



Data Sheet : 1/16
90.10000

خدمات بعد از فروش در ایران
شرکت اسپیداد

K
S
J
1
7
1
1
8
4

تلفن : 8875 1616
فکس : 8876 3400
11365-صندوق پستی : 4344
www.espidaad.com اینترنت :
info@espidaad.com پست الکترونیکی :
آدرس : تهران - خیابان خرمشهر غربی (آبادانا) - پلاک 198 -
طبقه اول