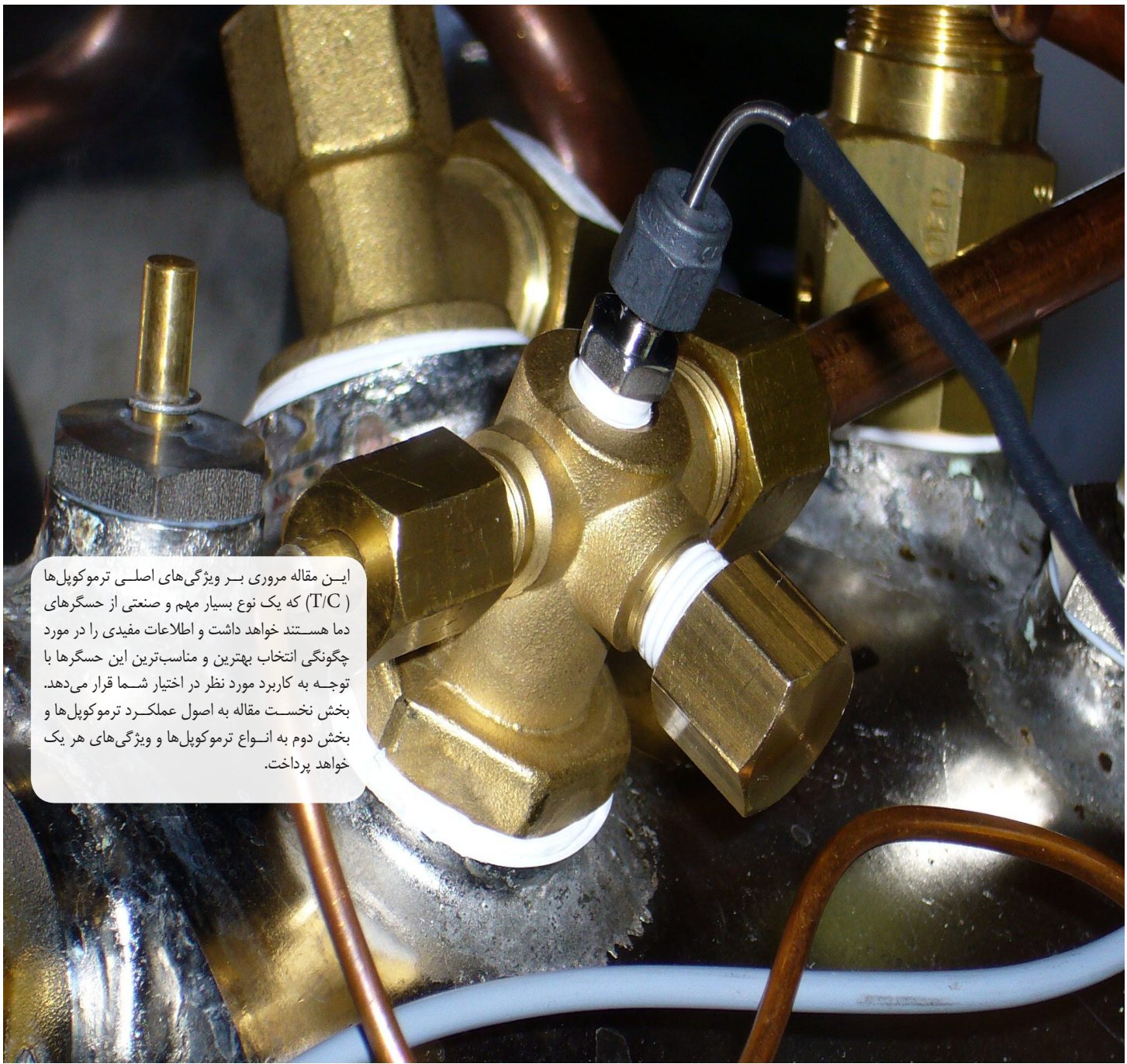
قسمت اول

معیارهای انتخاب حسگرهای دما

ترموکوپل‌ها

نگارندگان
مهندس محمدعلی عبدوس
m.a.abdous@gmail.com

واژه‌های کلیدی: حسگر دما، اندازه‌گیری دما، ایزولاتور، ترموکوپل



ایـن مقاله مروری بـر ویژگی‌های اصلـی ترموکوپل‌ها (T/C) که یک نوع بسیار مهم و صنعتی از حسگرهای دما هسـتند خواهد داشت و اطلاعات مفیدی را در مورد چگونگی انتخاب بهترین و مناسب‌ترین این حسگرها با توجـه به کاربرد مورد نظر در اختیار شـما قرار می‌دهد. بخش نخسـت مقاله به اصول عملکـرد ترموکوپل‌ها و بخش دوم به انـواع ترموکوپل‌ها و ویژگی‌های هر یک خواهد پرداخت.

دمـا یکـی از اصلی‌تریـن پارامترهایی اسـت که اندازه‌گیری آن در صنایع مختلف، مورد نیاز اسـت. اندازه‌گیری دما به شـکل‌های مختلف و با استفاده از حسـگرهای گوناگونی انجام می شود که معمولاً این اندازه‌گیری‌ها بر با بهره‌گیری از پنج نوع حسگر پایه انجام می‌شود:

- ترموکوپل‌ها[1] (T/C)؛
- حسگرهای مقاومتی[2] (RTD)؛
- ترمیستورها؛
- حسگرهای مادون قرمز؛
- حسـگرهای نیمه هادی یـا مدارات مجتمع[3] (IC).

از میان این پنج نوع، ترمیستورها در کاربردهای عمومـی که نیاز به دقت چندانـی هم ندارند مورد اسـتفاده قرار می‌گیرنـد. نیمه‌هادی‌هـا اغلب در بردهای مداری یا حسگرهایی که بر پایه‌ی بردهای الکترونیکـی سـاخته شـده‌اند، بـکار می‌روند. در مواقعی که تماس مسـتقیم با جسم مد نظر نباشد از اندازه‌گیری مادون قرمز اسـتفاده می‌شـود. اما برای کابردهای صنعتی که معمولاً اندازه‌گیری‌ها از راه دور انجام می‌پذیرد، ترموکوپل‌ها و حسـگرهای دمایی مقاومتی متداول‌ترین گزینه هستند.

در اکثـر کاربردهای صنعتی به اندازه‌گیری دما از راه دور نیـاز داریـم، به این معنی که سـیگنال اندازه‌گیـری شـده بایـد پس از طی مسـافتی در محـل مـورد نظـر دریافت شـود. معمـولاً برای تقویت، جداسـازی و تبدیل سـیگنال سطح پایین به سـطح بالا در دسـتگاه‌های نظارتی و یا انتقال مجدد سـیگنال، از ترانسمیترهای صنعتی استفاده می‌شـود. در صورتـی کـه قـرار باشـد از ایـن ترانسـمیترها برای انتقال سیگنال مربوط به دمای اندازه‌گیری شـده استفاده شود، معمولاً گزینه‌های پیش روی شما برای انتخاب حسگر دمایی مناسب بـه T/C و یا RTD محدود می‌شـود. اما از میان تعداد بسیار زیادی حسگرهای اندازه‌گیری دما مثل ترموکوپل‌ها و حسـگرهای دمایی مقاومتی چگونه می‌توان بهترین و مناسـب‌ترین حسـگر را انتخاب کرد؟

ایـن مقالـه مـروری بـر ویژگی‌هـای اصلـی ترموکوپل‌هـا(T/C) کـه یک نوع بسـیار مهم و صنعتی از حسـگرهای دما هسـتند خواهد داشت و اطلاعـات مفیدی را در مـورد چگونگی انتخاب بهتریـن و مناسـب‌ترین این حسـگرها با توجه به کاربـرد مـورد نظر در اختیار شـما قـرار می‌دهد. بخش نخسـت مقاله به اصول عملکرد ترموکوپل‌ها و بخـش دوم به انواع ترموکوپل‌ها و ویژگی‌های هر یک خواهد پرداخت.

1. Thermocouple
2. Resistance Temperature Detector
3. Integrated Circuit

اساس کار اندازه‌گیری دما توسط ترموکوپل‌ها

احتمالاً شـما با ترموکوپل‌ها آشنا هستید، در غیر این صورت به سراغ این مقاله نمی‌آمدید. اما نکات مهمی دربـاره‌ی ترموکوپل‌ها وجـود دارد که باید بفهمید تـا بتوانید یک انتخـاب آگاهانه بین انواع حسـگرهای مختلف داشته باشـید. در این صورت اسـت که می‌توانید از تبعات منفی ناشی از انتخاب نامناسب حسگر دما در کاربردهای مختلف در امان باشید.

ابتدا، باید مفاهیم نادرستی که درباره‌ی نحوه‌ی کار این وسـایل در ذهـن داریم را اصـلاح کنیم. ممکن اسـت شـما این عبارت یا عباراتی مشـابه را شـنیده یا به کار برده باشـید کـه «ترموکوپل یـک ولتاژ کـم ایجـاد می‌کند که توسـط اتصال بیـن دو فلـز ناهمجنـس تولید می‌شـود». فقط بخشـی از این تعریف ساده شـده از ترموکوپل در بهترین حالت درسـت اسـت و اما در کل بسـیار گمراه کننده اسـت. واقعیت این است که اختلاف دمایی میان یک سـر رسـانا با سـر دیگر آن باعث تولیـد یـک مقـدار کوچـک نیـروی محرکـه‌ی الکتریکـی[4] (EMF) یـا بـه هم خـوردن تعادل بین بارهای الکتریکی شـده کـه این امر به ایجاد اختلاف پتانسـیل در دو سر رسـانا منجر می‌شود.

این تعریف به اندازه‌ی کافی ساده بود، اما چگونه می‌توان واقعاً این نیروی EMF را اندازه گرفت و از نتیجه‌ی اندازه‌گیری برای تشخیص دما استفاده کرد؟

EMF یـا نیرو محرکـه‌ی الکتریکی به عنوان سـطحی از تمایل ذاتی یا پتانسـیل ایجاد جریان الکتریکی در نتیجه‌ی جدا شـدن بارهای الکتریکی در رسـانا تعریف می‌شـود. مـا این تمایـل برای ایجاد جریـان بین دو نقطه‌ی مختلـف در مدار را اختلاف پتانسـیل می‌نامیم و آن را بـا واحد ولتاژ بیـان می‌کنیم. امـا برای اندازه گیـری واقعی این EMF یـا اختلاف ولتاژ، ما بـه دو نقطه‌ی تماس احتیاج داریم. این به معنای این است که باید مدار توسـط اضافه کردن یک مسیر الکتریکی برگشتی کامل شـود. چنان‌چه به طور سـاده از همان ماده به عنوان مسـیر برگشتی اسـتفاده کنیم، اختلاف دمای بیـن دو انتهای رسـانای اصلی یک EMF مسـاوی ولی در خلاف جهت در این مسـیر تولید می‌کند که باعث می‌شـود تـا مجموع EMF های تولیـدی صفر شـود، که بـرای انـدازه گیری دما مناسـب نمی‌باشـد. این رابطه را به عنوان «قانون مـواد همگـن[5]» می‌شناسـیم که در زیـر تعرف می‌شـود (لطفـاً Wikipedia.org را ببینیـد):

یـک جریان ترموالکتریکـی نمی‌تواند با اعمال حـرارت تنها و صرف نظر از این که سـطح مقطع مـاده ممکن اسـت تغییر کند، در مـداری که تنها از یـک فلـز همگن تشـکیل شـده دوام یابد. این به معنای آن اسـت که چنانچه تمامی سـیم‌ها از یک جنس سـاخته شـده باشـند اختلاف دمایی بیـن ورودی و خروجـی بـر روی ولتـاژ خروجی اثرگـذار نیسـت. به وسـیله‌ی حـرارت نمی‌توان جریـان الکتریکـی را در مـداری برقـرار کرد که تمـام آن از یـک جنـس سـاخته شـده اسـت.

انواع مختلف فلزهای رسـانا، سـطوح مختلفی از EMF یـا جدایش بـار الکتریکی را به نسـبت گرادیـان دمایـی موجود در خود تولیـد می‌کنند. تامسـون سی بک[6] این اثر را در سال ۱۸۲۲ کشف کـرد و امروزه به عنوان «اثر سـی بک» شـناخته می‌شـود. بنابراین، این امکان وجـود دارد تا از اثر سـی بک برای اندازه گیری دما به وسیله‌ی فلزات مختلف و برای مسـیر برگشـتی اسـتفاده کرد و ارتباطی را بیـن جدایش بارهای الکتریکی بین دو فلز مختلـف و دمای دو انتهای فلزهـا ایجاد کرد.

مـا اتصالی بیـن دو فلز ناهمجنس در شـروع مسـیر برگشـت ایجاد می‌کنیم. به ایـن معنا که، اتصال سـاده‌ی ایجاد شـده، مـدار را کامل کرده و منبـع EMF هـم نمی‌باشـد. مثـل چیزی که اغلب از تعریف معمـول ترموکوپل در ذهن داریم.

حـالا در انتهای دیگـر مدار ترموکوپل بسـته شـده، می‌توان ولتاژی را که متناسـب با اختلاف دمای بین دو انتهای سـیم‌ها اسـت انـدازه گیری کرد. به وسـیله‌ی قانونی که اخیراً ذکر شـده و به نام قانـون «مواد همگـن» نام برده شـد، در بین مسیر سیم های ترموکوپل این سیم‌ها وارد بخشی سـرد و بدون حضور وسـیله‌ی اندازه‌گیری دیگری بـرای بررسـی تغییـرات دمایی شـده و از همین قسمت خارج می‌شود. سـپس این دو انتها به یک سیم پیوسـته متصل شـده و باعث ایجاد مجموع EMF صفر برای کل مدار می‌شـود و این ساختار بر روی اندازه‌گیری نهایـی دما تأثیری نمی‌گذارد.

امـا هنـوز یـک مسـأله‌ی مفهومـی بـدون پاسـخ باقـی می‌ماند و آن این اسـت کـه چگونه امـکان اندازه‌گیری ولتـاژ در قسـمت انتهایی باز ترموکوپـل وجـود دارد در حالی کـه ولتاژ اضافی ترموکوپل ایجاد شـده در نتیجه‌ی اتصال سامانه‌ی اندازه‌گیـری لحاظ نشـده اسـت. جـواب به این صورت اسـت که، اتصـال ترموکوپل به وسـیله‌ی اندازه‌گیـری (که معمـولاً از مس می‌باشـد) خود بـه عنوان یـک ترموکوپل عمل می‌کنـد. با توجه

4. ElectroMotive Force
5. Law of Homogeneous Material
6. Thomson Seebeck

به این‌که اطمینان داریم که اتصالات در دمایی یکسان قرار دارند اثر این ترموکوپل‌های اضافی بر روی سامانه‌ی اندازه‌گیری تا حد زیادی کم می‌شود. این اصل به عنوان «قانون فلزات میانی» شناخته می شود. (Wikipedia.org را ببینید)

جمع جبری EMFها داخل یک مدار متشکل از هر تعداد مواد مختلف صفر است وقتی که تمامی اتصالات (معمولاً در دمای پایین) در دمایی یکسان قرار داشته باشند. بنابراین چنان‌چه فلز سومی وارد مدار شود در حالی که دو سیم دیگر محل اتصال سرد را تشکیل داده‌اند، و تا وقتی که دو اتصال جدید در یک دما قرار دارند، هیچ ولتاژ اضافی‌ای توسط فلز جدید اضافه شده به داخل مدار در سامانه‌ی اندازه‌گیری وارد نمی‌شود.

بنابراین توانایی ما در کنترل این ترموکوپل‌های ناخواسته‌ی بوجود آمده در سامانه‌ی اندازه‌گیری به‌طور مستقیم به این بستگی دارد که تا چه حد می‌توان هر دو اتصال سرد را در یک دما نگه داشت. معمولاً گفتن این جمله آسان‌تر از عمل کردن به آن است؛ به این صورت که گرادیان دمایی (اختلاف دما) معمولاً در نتیجه‌ی انتقال حرارت به اجزای مدار به وجود می‌آید. گرادیان‌های دمایی دیگر ممکن است به خاطر گرمای تولید شده در مدارات کناری، سامانه‌های تأمین کننده‌ی توان الکتریکی یا حتی تغییر سرعت سامانه‌های خنک کننده‌ی محیط مثل فن‌ها در یک محیط باشد. برای هر کدام از ترموکوپل‌ها که در یک سامانه‌ی اندازه‌گیری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، توجه خاصی باید به کم کردن منابع این خطاهای ایجاد شده داشته باشیم. (بیشتر در این باره بحث می‌شود)

قانون سوم ترموکوپل‌ها که به ما برای جمع جبری EMFها کمک می‌کند به نام « قانون توالی یا دماهای میانی» نام‌گذاری می‌شود (لطفاً Wikipedia.org را ببینید):

چنان‌چه دو ماده‌ی همگن وقتی که اتصال‌ها در دماهای T1 و T2 می‌باشند EMF1 را تولید کنند و وقتی که در دمای T2 و T3 هستند EMF2 را تولید کنند، بنابراین می‌توان گفت هنگامی که این دو اتصال در دماهای T1 و T3 هستند EMF ی برابر با EMF1+EMF2 را تولید می‌کنند.(T1<T2<T3)

تاکنون، برای اندازه‌گیری دما در ترموکوپل از ولتاژ ایجاد شده در انتهای باز ترموکوپل استفاده کردیم و این ولتاژ ایجاد شده را به اختلاف دمای تولید شده در دو انتهای سیم نسبت دادیم. این به معنای آن است که، برای اندازه‌گیری مقدار دما در انتهای گرم ترموکوپل یعنی قسمتی که قصد اندازه گیری آن را داریم، باید دمای قسمت اتصال سرد را بدانیم. در حالت ایده‌آل اگر هر دو اتصال اندازه‌گیری شده در دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد باشند، ولتاژ معادل ترموالکتریکی (ولتاژی که بر اثر اختلاف دما ایجاد شده است) بین این دو اتصال برابر با صفر است. بنابراین این امکان وجود دارد تا بتوان براحتی دمای اندازه‌گیری شده را به ولتاژ متناسب این دما مرتبط ساخت. از آن‌جایی که اطمینان از مقدار دمای اتصال قسمت سرد ترموکوپل با این روش براحتی ممکن نیست، دمای واقعی اتصال قسمت سرد را معمولاً به‌طور جداگانه اندازه‌گیری می‌کنند. با اندازه‌گیری سیگنال ایجاد شده توسط ترموکوپل می‌توان «اتصال قسمت سرد» را از لحاظ ترموالکتریکی تنظیم کرد و به وسیله‌ی مفاهیم ریاضی دمای واقعی بخش دیگر را محاسبه یا ولتاژ معادل آن را بدست آورد. (شکل ۱ را ببینید)

اگر چه این امکان وجود دارد که ترموکوپل‌ها را با هر ترکیبی از رساناهای ناهمجنس ساخت، اما تعدادی استاندارد برای انواع ترموکوپل‌ها وجود دارد که در این استانداردها از موادی استفاده شده است که تا حد امکان ولتاژ بیشتری تولید را از یک گرادیان دمایی مشخص تولید می‌کنند (حساسیت این ترموکوپل‌ها بیشتر است). اکثر انواع این ترموکوپل‌ها با مواد بکار رفته در آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

نکات مهم جدول ۱: در جدول، علامت "I" نشانه‌ی محیط خنثی[7] و "R" نشانه‌ی محیط کم اکسیژن، "O" نشان دهنده‌ی محیط‌های اکسیدی –با اکسیژن بالا[8]- و "V" نشان دهنده‌ی خلاء می‌باشد. برای توضیحات مختصر این محیط‌ها قسمت زیر را ببینید.

نوع K ترموکوپل‌ها از ماده‌ی مغناطیسی نیکل استفاده می‌کنند. مواد مغناطیسی هنگامی که به نقطه‌ی کیوری[9] خود نزدیک می‌شوند در خروجی خود تغییرات پرشی را نشان می‌دهند. این تغییرات برای ترموکوپل نوع K تقریبا در دمای ۳۵۴°C رخ می‌دهد. نقطه‌ی کیوری دمایی است که در آن ماده‌ی فرومغناطیس با دادن حرارت بیشتر به ماده‌ی پارامغناطیس تبدیل می‌شود. برای مثال، یک ماده‌ی مغناطیسی با بالا رفتن دمای خود از نقطه ی کیوری خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد. برای نیکل این تغییرات می‌تواند با اعمال سرما برگشت‌پذیر باشد. بعضی از نقاط دمایی کیوری برای مواد مختلف به شرح زیرند: آهن (Fe) تا ۷۷۰°C، کوبالت (Co) تا حد ۱۱۳۰°C، نیکل (Ni) بالای ۳۵۸°C و اکسید آهن (Fe2O3) تا حد ۶۲۲°C می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده شد، برای انتخاب ترموکوپل جدولی برای راهنما (جدول ۱) با توضیحاتی در مورد محدوده‌ی دمایی حسگر، حساسیت و ماده‌ی تشکیل دهنده‌ی آن و همچنین شرایط محیط، مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته قیمت حسگر نقش مهمی را در این انتخاب بازی می‌کند به خاطر این‌که برخی از انواع ترموکوپل‌ها بسیار گران‌تر از انواع دیگر هستند. برای مثال، حسگرهایی که پایه‌ی پلاتینی دارند معمولاً به علت مواد پلاتینی مورد استفاده در آن‌ها بسیار گران‌تر هستند.

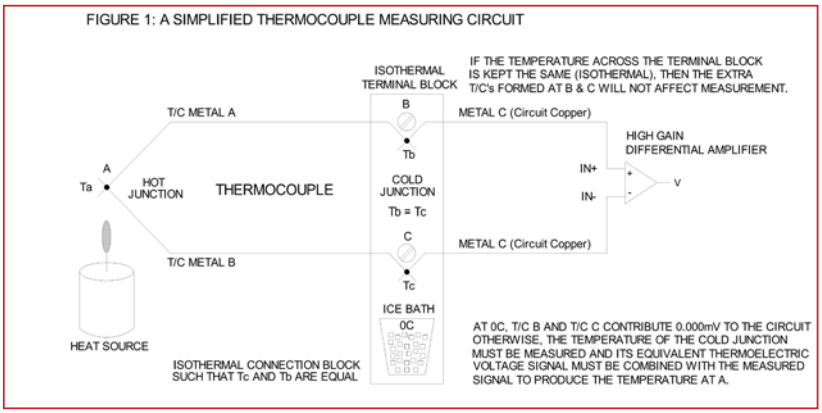
بخاطر این‌که مواد استفاده شده در دماهای بسیار بالا یا پایین در ترموکوپل‌ها بسیار تحت تأثیر محیط مورد استفاده خود قرار دارند، باید شرایط موجود محیطی در هنگام استفاده از ترموکوپل‌ها که در جدول ۱ آمده است، مد نظر قرار گیرد.

یک «محیط خنثی» به محیطی گویند که ترکیبی از گازها که شامل مقدار کمی و یا بدون اکسیژن است آن را تشکیل می‌دهد. این محیط اساساً دارای گازهایی است که واکنش دهنده با گازهای دیگر نیستند یا آستانه‌ی واکنش آن‌ها بسیار بالا است. گازهایی مانند نیتروژن، آرگون، هلیم، و دی اکسید کربن، معمولاً اجزای ترکیبات گازهای خنثی را تشکیل می‌دهند.

یک «محیط کاهیده» اشاره به محیطی دارد که اکسیداسیون در اثر نبود اکسیژن و یا هر گاز یا بخاراکسید کننده‌ی دیگر در آن محیط صورت نمی‌پذیرد. محیط کاهیده معمولاً به محیط‌هایی

7. Inert atmospheres
8. Oxidizing atmosphers
9. Curie point

شکل ۱. مدار ساده شده‌ی اندازه‌گیری یک ترموکوپل



جدول ۱. انواع ترموکوپل‌های رایج و موارد استفاده از آن‌ها

انواع ترموکوپل بر حسب استاندارد ANSI	مواد مورد استفاده در اتصالات ترموکوپل	رنج دمایی اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل	حساسیت اسمی ترموکوپل	قابلیت استفاده در محیط‌های خاص			
				خلا	اکسیدی (پر اکسیژن)	کاهیده (کم اکسیژن)	خنثی
K	کرومل (کروم و نیکل) آلومل (نیکل و آلومینیوم)	از ۱۸۴°C- تا ۱۲۶۰ °C	۳۹uV/°C	ندارد	دارد	ندارد	دارد
	اکثر انواع این مدل دارای محدوده‌ی دمایی وسیع و قیمتی بسیار پایین هستند. برای اندازه‌گیری‌های دماهای بالا قابل استفاده و دارای مقاومت زیاد در برابر خوردگی هستند. سیم مثبت غیرمغناطیسی است و سیم منفی مغناطیسی است. مناسب برای محیط‌های اکسیدی اما آسیب‌پذیر در برابر سولفور و بنابراین باید از محیط‌های دارای سولفور دور نگه داشته باشند.						
J	آهن – کنستانتین	از ۰°C تا ۷۶۰°C	۵۵uV/°C	دارد	دارد	دارد	دارد
	این نوع از ترموکوپل از دید کاربرد در رتبه‌ی دوم قرار دارد. مناسب برای اندازه‌گیری در محیط‌هایی که در آنها رطوبت موجود نباشد. سیم آهنی مثبت مغناطیسی بوده در حالی که سیم منفی مغناطیسی نمی‌باشد. به علت ظرافت سیم و حساسیت سیم آهنی آن در برابر زنگ‌زدگی در دماهای بالاتر از ۵۴۰ °C می‌باشد توصیه نمی‌شود. مناسب برای استفاده در خلاء، هوا و محیط‌هایی کم اکسید تا دمای ۷۶۰°C می‌باشد. به علت بعضی از خواص بوجود آمده در سیم آهنی مثل خاصیت ترد و شکننده بودن و زنگ‌زدگی استفاده از آن زیر دمای صفر درجه با محدودیت روبرو است. استفاده از این ترموکوپل در دمای بالاتر از ۷۶۰°C به علت تغییر سریع خاصیت مغناطیسی آن در نقطه‌ی کیوری (Curie point) که تقریباً در ۷۷۰°C رخ می‌دهد، باعث تغییر در خصوصیات آن شده و کالیبراسیون انجام شده برای ترموکوپل را برای همیشه مختل می‌کند.						
E	کرومل (نیکل و کروم)– کنستانتین	از ۰°C تا ۹۸۲°C	۷۶uV/°C	ندارد	دارد	ندارد	دارد
	به علت دارا بودن خاصیت غیرمغناطیسی در کنار بالاترین مقدار ولتاژ خروجی در میان سایر ترموکوپل‌ها بهترین حساسیت را ایجاد می‌کند. این گزینه بسیار مناسب جهت استفاده در محیط‌های سرمازا[1] (محیط‌هایی با دماهای بسیار پایین) می‌باشد. در برابر سولفورو آسیب‌پذیر است و بنابراین باید از محیط‌های دارای سولفور نگه داشته باشند.						
T	مس–کنستانتین	از ۱۸۴ °C– تا ۴۰۰°C	۴۵uV/°C	دارد	دارد	دارد	دارد
	مقاوم در برابر خوردگی در محیط‌های دارای رطوبت و قطرات مایع دارای پایداری بسیار بالا در دماهای پایین می‌باشد. دارای محدوده‌ی خطای کم در محیط‌های سرمازا و مناسب برای فضای مرطوب می‌باشد. غیر مغناطیسی، مناسب تا دمای حدود ۳۷۰°C بسیار پایدار، مقاوم در برابر رطوبت، مناسب برای دمای پایین تا حد ۲۰۰°C– می‌باشد						
N	نیسیل–نیکروسیل	از ۰ °C تا ۱۱۰۰°C	۱۰/۴uV/°C	دارد	دارد	دارد	دارد
	پایداری بالا و مقاوم در برابر اکسیداسیون در دماهای بالا و قیمت نسبتاً پایین در قیاس با ترموکوپل‌های B، R و S، این ترموکوپل را به جایگزینی مناسب در برخی کاربردها به جای آنها تبدیل کرده است. بسیار دقیق و قابل اطمینان در دماهای بالا می‌باشد. بسیار مناسب در محیط‌های اکسیدی، خنثی و محیط‌های خشک می‌باشد. آسیب‌پذیر در برابر سولفورو آسیب‌پذیر است و بنابراین باید از محیط‌های دارای سولفور دور نگه داشته باشند.						

C	تنگستن (۵٪)/رنیم تنگستن (۲۶٪)/رنیم	از ۰ °C تا ۲۳۰۰°C	۱۶uV/°C	دارد	ندارد	ندارد	دارد
	برای استفاده در دماهای بالا محیط‌های خلا کوره‌ها، محیط‌هایی با حضور هیدروژن بالا و یا وجود گازهای خنثی پیشنهاد می‌شود. به هیچ وجه نباید هنگامی که دما بالاتر از ۲۶۰°C است در فضایی اکسیژن‌دار استفاده شود. مقاومت این ترموکوپل در برابر اکسیژن بسیار کم می‌باشد. (جز استانداردهای ANSI به حساب نمی‌آید)							
ترموکوپل‌های نوع B، R و S به علت حساسیت پایین پایدارترین نوع ترموکوپل‌ها می‌باشند (این حساسیت تقریباً کمتر از ۱۰uV/°C می‌باشد). ترموکوپل‌ها با حساسیت پایین دارای دقت پایین نیز می‌باشند و گران‌تر نیز هستند و عموماً برای دماهای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند								
B	پلاتین (۶٪) /رودیوم پلاتین (۳۰٪) /رودیوم	از ۳۸°C تا ۱۸۰۰°C	۷/۷uV/°C	دارد	دارد	ندارد	دارد
	دارای پایین‌ترین حساسیت با پایین‌ترین ولتاژ خروجی می‌باشد. برای کاربردهایی با دمای بسیار بالا قابل استفاده می‌باشد. همواره با پوششی از سرامیک حفاظت می‌شود. برای اینکه این نوع از ترموکوپل برای دماهای بین ۰ تا ۴۲ درجه‌ی سانتی‌گراد یک ولتاژ خروجی را می‌دهد بکار بردن آن برای دماهای زیر ۵۰°C مناسب نمی‌باشد. بسیار مناسب برای محیط‌های خنثی یا دارای اکسید زیاد یا برای محیط خلا در مدت زمانی کم می‌باشد. این ترموکوپل به راحتی آلوده شده و باید در برابر محیط‌های حاوی بخارات آلوده کننده محافظت شود.							
R	پلاتین(۱۳٪) /رودیوم پلاتین	از ۰°C تا ۱۵۹۳°C	۶uV/°C	دارد	دارد	ندارد	دارد
	این ترموکوپل را می‌توان در دمای بالا استفاده کرد. معمولاً دارای حفاظی سرامیکی می‌باشد و استفاده از آن در کشور بریتانیا مرسوم می‌باشد. بکارگیری آن در محیط بی‌اثر یا اکسیدی، یا برای مدت محدودی در خلا قابل استفاده است. به راحتی آلوده شده و باید در برابر هوای کم اکسیژن و بخارات آلوده محافظت شود.							
S	پلاتین (۱۰٪)/رودیوم پلاتین	از ۰°C تا ۱۵۳۸°C	۱۰/۴uV/°C	دارد	دارد	ندارد	دارد
	این ترموکوپل دارای بهترین محدوده‌ی دمایی بوده اما حساسیت آن کم و قیمت آن زیاد است به طوری که استفاده از آن را برای کاربردهای کلی نامطلوب می‌سازد. معمولاً دارای حفاظی سرامیکی می‌باشد. بکاربردن آن در محیط‌های خنثی و اکسیدی و یا برای زمان محدودی در خلا مناسب می‌باشد. به راحتی آلوده شده و باید در برابر هوای کم اکسیژن و بخارات آلوده کننده محافظت شود. به خاطر پایداری بالای آن، نوع S به عنوان استانداردی برای کالیبراسیون نقطه‌ی ذوب طلا بکار می‌رود.							

گفته می‌شود که شامل نیتروژن و یا هیدروژن هستند. برای مثال، از این گازها معمولاً در کوره‌هایی استفاده می‌شود که عملیات سخت سازی فلز به منظور کاهش تنش‌ها و بالا بردن مقاومت فلز در برابر خوردگی دارای اهمیت باشد. همچنین از نیتروژن در کوره‌های خاصی برای بهبود عملیات اتصال در بعضی از اتصالات در کنار هم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یک «محیط اکسیداسیون» محیطی گازی است که در آن اکسیداسیون فلزات به آسانی در برابر اکسیژن زیاد در محیط اتفاق می‌افتد. در مقابل این محیط، محیط کاهنده قرار دارد که در بالا توضیح داده شد که در آن اکسیژن کاهش داده شده یا حذف شده است. اکثر فرآیندهای احتراقی به محیط‌های اکسیدان برای ادامه‌ی احتراق نیاز دارند. اکثر مواد وقتی به اندازه‌ی کافی در حضور اکسیژن حرارت داده می‌شوند، اکسید می‌شوند. اکسیداسیون هنگامی اتفاق می‌افتد که بخشی از ترکیب متشکل ماده شکسته شده و بعضی ملکول‌ها که از ماده جدا شده و با اکسیژن موجود در محیط ترکیب شده و تولید اکسید می‌کنند. برای مثال، چیزی که به طور معمول در فرآیند پخت مواد سرامیکی رخ می‌دهد، تبدیل کردن مواد به اشکال اکسیدی و یا کنترل رنگ آن‌ها می‌باشد. هنگامی که کربنات مس سوزانده می‌شود، کربن آن جدا شده و سوزانده می‌شود و وقتی که اتصال بین ملکول مس-کربن شکسته می‌شود، اکسیژن موجود با مس ترکیب شده و اکسید مس را شکل می دهد.

«محیط خلاء» اشاره به بخشی از فضا دارد که از هر گونه ماده ی آزاد خالی شده باشد. این به معنی آن است که فشار داخل این محیط از فشار محیط در بیرون بسیار کمتر است. توجه داشته باشید محیط کاملاً خلاء عملاً قابل دستیابی نمی‌باشد، چرا که اتم‌ها و ذرات همواره در محیط حضور دارند. اما کیفیت محیط خلاء اشاره به این دارد که تا چه حد به محیط خلاء کامل نزدیک شده‌ایم. به عبارتی فشار محیطی در چه نسبت پایینی در برابر فشار اتمسفر یک بیرون قرار دارد.

بیشترین دماها برای هر کدام از ترموکوپل‌ها معمولاً به عایق بکار رفته در آن‌ها محدود می‌شود.

ادامه دارد