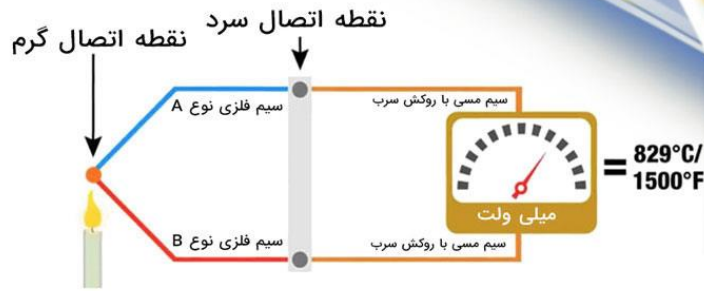


# ترموکوپل چیست

13 اردیبهشت، ۱۴۰۰ توسط سید محمد جواد موسوی

**ARVAN**  
www.arvansanat.com



## ترموکوپل چیست و چگونه کار می کند؟

(13 - 3.8/5 امتیاز)

**ترموکوپل** چیست؟ برای بسیاری از ما که در زمینه اتوماسیون، برق صنعتی و ابزار دقیق کار می کنیم، به خصوص اتوماسیون، سوالات زیادی در این زمینه ها از ما می شود. سوالاتی نظیر **ترموکوپل چیست** و چگونه کار می کند، انواع ترموکوپل چیست و چه محدوده های دمایی ای دارند و بسیاری پرسش های دیگر. این سوالات پرتکرار را می خواهیم در این مقاله به طور جامع و کامل پاسخ بدهیم. پس اگر می خواهید درباره این نوع از سنسورهای دما اطلاعات کاملی دریافت کنید، با ما همراه باشید تا به سوالات شما پاسخ دهیم.

### تیتراهای اصلی

[1 تعریف ترموکوپل به زبان ساده](#)

[2 یک سنسور Thermocouple چگونه کار می کند؟](#)

[2.1 زمان پاسخدهی ترموکوپل](#)

[3 چطور یک سنسور ترموکوپل صحیح را انتخاب کنیم؟](#)

[4 انتخاب مترپال Thermocouple](#)

[5 انتخاب قطر سنسور ترموکوپل](#)

[6 معرفی انواع ترموکوپل](#)

[7 کالیبراسیون ترموکوپل و بررسی تأثیرات آن](#)

[7.1 کالیبراسیون چیست؟](#)

[7.2 نحوه کالیبراسیون کردن سنسورها چگونه است؟](#)

[7.2.1 انواع روش های کالیبراسیون](#)

[7.2.1.1 کالیبراسیون نقطه ثابت ترمودینامیکی](#)

[7.2.1.2 کالیبراسیون روش حمام هم زده و یا روش کوره](#)

[7.2.1.3 کالیبراسیون بلوک خشک](#)

[7.2.2 آیا کالیبراسیون جفت های حرارتی لازم است؟](#)

[7.2.3 چگونه می توانم متوجه بشوم که آخرین بار چه زمانی کالیبراسیون انجام شده است؟](#)

[7.2.4 گواهینامه کیفیت سنسورهای دما](#)

## تعریف ترموکوپل به زبان ساده

یک ترموکوپل (Thermocouple Sensor)، جفت حرارتی یا جفت گرمایی، یکی از دسته بندی های مهم، مشهور و جزو زیر مجموعه سنسورهای دما محسوب می شود و کار آن اندازه گیری دما در نقاط و بخش های مختلف محیط است. این نوع از سنسورهای دما از ۲ عدد سیم فلزی غیر هم نوع یا غیر همجنس (dissimilar metal wires) تشکیل شده که از یک طرف به یکدیگر متصل شده اند و از طرف دیگر به thermocouple thermometer یا تجهیزاتی که قابلیت اتصال ترموکوپل را دارند، متصل می شوند. در صورتی که پیکربندی و تنظیمات به طور صحیح انجام شود، حسگرهای Thermocouple می توانند محدوده دما را به صورت دقیق و در بازه وسیع، به آسانی و بدون هیچ گونه مشکلی اندازه گیری کنند.

هر دو سیم فلزی یا آلیاژ فلز، اثر ترموالکتریک را نشان می دهد، اما فقط تعداد کمی از آن ها به عنوان ترموکوپل مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال، آنتیموان و بیسموت، مس و آهن، یا مس و کنستانتان (آلیاژ مس و نیکل). به طور معمول از پلاتین، یا رودیوم یا آلیاژ پلاتین - رودیم، در سنسورهای با درجه حرارت بالا استفاده می گردد. انواع حسگرهای دما ( به عنوان نمونه تایپ [E نیکل، کروم و کنستانتان]، تایپ [J آهن و ثابت]، تایپ [N دو آلیاژ نیکل - سیلیکون، یکی از آنها حاوی کروم و منیزیم است] یا تایپ [B آلیاژ پلاتین - رودیم] با توجه به فلزات مورد استفاده در سیم ها مورد استفاده قرار می گیرند.

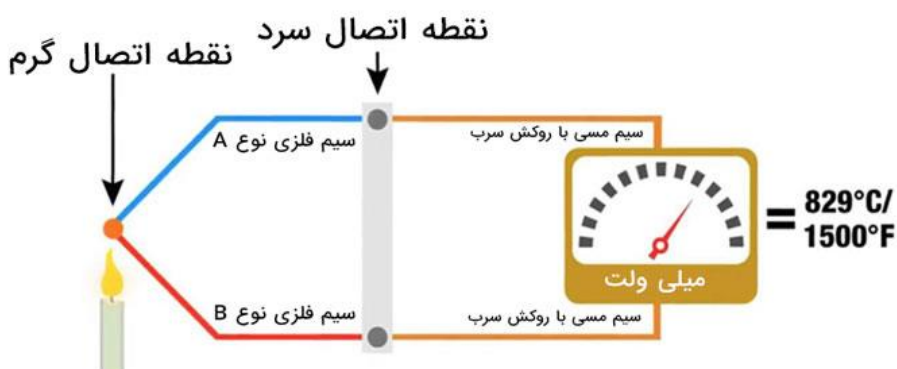
متداول ترین تیپ از سنسورهای Thermocouple، تیپ K بوده که از سیم های (نیکل-آلومینیوم و نیکل-کروم) تشکیل شده است. هزینه این نوع از تجهیزات نسبت

به بقیه تایپ ها ارزان تر بوده و دامنه دمایی وسیعی (۲۷۰- الی ۱۳۷۲+ درجه سانتیگراد) از دارند. شرکت آروان صنعت هیراد، انواع مختلفی از سنسورهای ترموکوپل را تولید و در سرتاسر ایران ارائه می کند.

## یک سنسور Thermocouple چگونه کار می کند؟



### ترموکوپل چیست و چگونه کار می کند؟



ترموکوپل چگونه کار می کند  
اصل کارکرد ترموکوپل متکی به قانون فیزیک است. قانونی که به سبیک (Seebeck) مشهور است. قانونی که به نام دانشمند فرانسوی است.

زمانیکه ۲ سیمی متشکل از فلزات غیر همجنس در یک سر به هم وصل می شوند و طرف دیگر گرم می شود، جریان مداومی وجود دارد که در مدار ترموالکتریک جریان دارد. اگر این مدار در مرکز قطع شود، ولتاژ مدار باز) ولتاژ(Seebeck) ، تابعی از دمای محل تماس و ترکیب دو فلز بوده و بدین معنی است که وقتی محل تماس دو فلز گرم یا خنک می شود، ولتاژی تولید می کند که با دما ارتباط مستقیم دارد.

بنابراین اگر مشخصات هر ۲ فلز را بدانیم، می توان با اندازه گیری میلی ولتاژ تولید شده، تغییرات دما را به راحتی محاسبه کرد.

## زمان پاسخدهی ترموکوپل

ثابت زمانی به عنوان زمانی بیان می شود که نیاز است سنسور به  $63/2\%$  تغییرات پله ای دما تحت یک شرایط خاص برسد. ۵ ثابت زمانی لازم است تا سنسور به  $100\%$  تغییرات پله ای نزدیک شود. ترموکوپلی که در معرض اتصال قرار دارد، سریع ترین میزان پاسخدهی را دارد. به علاوه، هر چه قدر میزان قطر غلاف Prob کمتر باشد، سرعت پاسخدهی کمتر است. اما حداکثر میزان دما ممکن است کمتر باشد. ذکر این نکته ضروریست که گاهی اوقات غلاف Prob قادر نیست محدوده کامل دما را با توجه به تایپ ترموکوبل کند و نیاز است که بررسی هایی در این زمینه صورت گیرد.

*نکته مهم: جفت های گرمایی یا جفت هایی حرارتی نام دیگر ترموکوپل ها هستند. پس هر جا که از این کلمات استفاده کردیم منظورمان همان سنسورهای Thermocouple است.*

جفت های حرارتی یا جفت های گرمایی به تطبیق پذیری و همه کاره بودن معروفند. چون در بسیاری از صنایع گوناگون مورد استفاده قرار می گیرند. از سنسورهای معمولی گرفته تا سنسورهای صنعتی با توجه به کاربردشان در محیط، به طور گسترده ای کاربرد دارند. با توجه به اینکه انواع گوناگونی از سنسورهای ترموکوپل در بازار وجود دارد، درک ساختار اساسی سنسورها، نحوه کار، محدوده دما و جنس متریال این تجهیزات بسیار مهم است.

*مشاوره قبل از خرید سنسورهای دما، بسیار حائز اهمیت است. اگر خدای ناکرده بدون هیچگونه مشورت یا مشاوره ای خرید خود را انجام دهید، مشکلات فراوان و جبران ناپذیری برای شما پیش خواهد آمد. ما در شرکت آروان صنعت هیراد، آماده ایم هرگونه مشاوره تخصصی و حرفه ای در زمینه سنسورهای ترموکوپل را به شما عزیزان انجام دهیم.*

## چطور یک سنسور ترموکوپل صحیح را انتخاب کنیم؟

زمانیکه قصد انتخاب و خرید سنسور ترموکوپل را دارید، توجه به موارد زیر ضروریست:

۱. محدوده دما سنسور (Temperature Range)

۲. زمان واکنش (Reaction Time)
  ۳. مقاومت در برابر لرزش و سایش (Abrasion And Vibration Resistance)
  ۴. کالیبراسیون (Calibrations)
  ۵. نصب و راه اندازی و سازگاری (Installation And Compatibility)
  ۶. برند (Brand)
  ۷. ضمانت و خدمات پس از فروش (Guarantee And After-Sales Service)
  ۸. تایپ (Type)
- امروزه انواع گوناگونی از تایپ های جفت های گرمایی وجود دارد که عبارتند از J, K, S, N, T, R, C, B. با توجه به نیاز ما عزیزان و موارد اشاره شده در بالا می توانید نوع سنسور موردنظرتان را انتخاب و خریداری کنید.

## انتخاب متریال Thermocouple

تمامی جفت های گرمایی از عایق MgO با حداکثر میزان خلوص، به منظور استفاده در دماهای بسیار بالا تا ۲۳۰۰ درجه فارنهایت (۱۲۶۰ درجه سانتیگراد) ساخته می شوند. سنسورهای حرارتی همگی محدودیت های خاص خطا (ANSI) را دارند تا میزان اندازه گیری شما، بهترین نتیجه ممکن را داشته باشد. جنس غلاف با توجه به مصرف شما تعیین می گردد. در ادامه درباره متریال انواع غلاف ها توضیحاتی ارائه دادیم تا شما عزیزان بتوانید بهترین انتخاب را داشته باشید.

- **304SS:** حداکثر میزان دما ۱۶۵۰° فارنهایت (۹۰۰° درجه سانتیگراد) و پرکاربردترین متریال غلاف در دماهای پایین است. این ماده مقاومت خوبی در برابر خوردگی دارد، ولی در محدوده دمای ۹۰۰ تا ۱۶۰۰ درجه فارنهایت (۴۸۰ الی ۸۷۰ درجه سانتیگراد) کارایی لازم را ندارد.
- **310SS:** حداکثر میزان دما ۲۱۰۰° فارنهایت (۱۱۵۰° درجه سانتیگراد) و مقاومت مکانیکی خوبی دارد. علاوه بر این در برابر خوردگی مقاوم بوده (304SS) و در دماهای بسیار بالا پایدار است. ولی به اندازه ۳۰۴SS منعطف نیست.
- **316SS:** حداکثر میزان دما ۱۶۵۰° فارنهایت (۹۰۰° درجه سانتیگراد) و بهترین مقاومت را در برابر خوردگی Austenitic Stainless Steels دارد. این ماده مقاومت خوبی در برابر خوردگی دارد، ولی در محدوده دمای ۹۰۰ تا ۱۶۰۰ درجه فارنهایت (۴۸۰ الی ۸۷۰ درجه سانتیگراد) کارایی لازم را ندارد.

- **Inconel®** حداکثر میزان دما ۲۱۵۰° فارنهایت (۱۱۷۵° درجه سانتیگراد) و یکی از پرمصرف ترین و پرکاربردترین ماده متریال ترموکوپل محسوب می شود. این ماده مقاومت خوبی در برابر خوردگی، میزان درجه حرارت بالا و محیط های اکسیدی دارد. از این متریال در محیط های گوگردی استفاده نکنید.
- **Hastelloy X** حداکثر میزان دما ۲۲۰۰° فارنهایت (۱۲۰۵° درجه سانتیگراد) به طور گسترده ای در برنامه های هوا-فضا بسیار کاربرد دارد. همچنین در محیط های اکسیدی به راحتی استفاده می گردد و در دماهای بالا مقاومت فوق العاده ای دارد.

## انتخاب قطر سنسور ترموکوپل

تمامی جفت های گرمایی از عایق MgO با حداکثر میزان خلوص، به منظور استفاده در دماهای بسیار بالا تا ۲۳۰۰ درجه فارنهایت (۱۳۶۰ درجه سانتیگراد) ساخته می شوند. سنسورهای حرارتی همگی محدودیت های خاص خطا (ANSI) را دارند تا میزان اندازه گیری شما، بهترین نتیجه ممکن را داشته باشد. جنس غلاف با توجه به مصرف شما تعیین می گردد. در ادامه درباره متریال انواع غلاف ها توضیحاتی ارائه دادیم تا شما عزیزان بتوانید بهترین انتخاب را داشته باشید.

محدودیت های دمای بالا (پیشنهاد شده)

1290°F (700°C)

1290°F (700°C)

1290°F (700°C)

1690°F (920°)

1830°F (1000°C)

1960°F (1070°C)

2100°F (1150°C)

2100°F (1150°C)

## معرفی انواع ترموکوپل

سنسورهای ترموکوپل (Thermocouple) انواع یا تیپ های مختلفی دارند که عبارتند از تیپ K ، J، S، R، T، B، C . برخی سنسورها در موارد ریز تفاوت دارند و برخی تفاوت ها زیاد است. رنج دمایی سنسورهای Thermocouple یا جفت های گرمایی بسیار متفاوت است.

## کالیبراسیون ترموکوپل و بررسی تأثیرات آن

دقت اندازه گیری در هر فرایند یا پروسه صنعتی بسیار حائز اهمیت است. سنسورهای دما شامل Thermocouple و RTD ها که در فرایندهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند، بایستی از لحاظ میزان دقت و درستی تحت آزمایش های مختلف قرار بگیرند. سنسورهای دما مانند هر وسیله یا تجهیز دیگری در طول زمان، دچار خرابی می شوند و کارایی آن ها کاهش پیدا می کند. بنابراین کالیبراسیون کردن سنسورها، خیلی مهم است.

## کالیبراسیون چیست؟

در بخش تعریف ترموکوپل، درباره این سنسور و نحوه عملکرد آن به طور کامل توضیحاتی را خدمت شما بزرگواران ارائه کردیم. ولی اینجا باز هم به شما عزیزان یادآوری خواهیم کرد. جفت گرمایی در اصل حسگری است که تغییر دما را تشخیص می دهد. یک سنسور ترموکوبل دارای دو سیم متفاوت است که در یک انتهای به هم جوش داده شده و در انتهای دیگر آزاد است. وقتی در این سیم ها اختلاف دما ایجاد می شود، ولتاژی تولید می شود و اختلاف پتانسیلی را در محل اتصال ایجاد می کند. این ولتاژ در محل اتصال با دما اندازه گیری و همبستگی دارد.

حسگرهای دما ناهموار و مقاوم ساخته شده اند. آنها می توانند طیف گسترده ای از دما را تحمل کنند. با این حال ، از آنجا که اندازه گیری دما به ولتاژ بستگی دارد، کالیبراسیون آن ها در فواصل منظم لازم است تا اطمینان حاصل شود که دستگاه می تواند ولتاژ را با موفقیت تشخیص دهد.

روند کالیبراسیون شامل مقایسه دقت اندازه گیری سنسور در مقابل یک منبع شناخته شده و استاندارد است.

## نحوه کالیبراسیون کردن سنسورها چگونه است؟

کالیبراسیون کردن سنسورها نیاز به استفاده از تجهیزات مخصوص و هر جایی نمی تواند کالیبراسیون را انجام دهد.

### انواع روش های کالیبراسیون

به طور کلی ۳ روش برای کالیبراسیون کردن حسگرهای دما وجود دارد که عبارتند از:

۱. کالیبراسیون نقطه ثابت ترمودینامیکی

۲. روش حمام هم زده و یا روش کوره

۳. کالیبراتور بلوک خشک

در ادامه هر یک از روش های ذکر شده در بالا را برای شما عزیزان توضیح خواهیم داد.

### کالیبراسیون نقطه ثابت ترمودینامیکی

این روش را می توان دقیق ترین روش کالیبراسیون بیان کرد. این روش شامل مقایسه میزان دمایی سنسور در مقابل ترکیبات رایج کلی است که در آن ها حالت فیزیکی تغییر می کنند. برای مثال: نقطه انجماد فلزی مانند فلز قلع طبق ITS-90 یا مقیاس بین المللی دما در سال ۱۹۹۰ ، ۲۳۱٫۹۲۸ درجه سانتیگراد است.

با نگر داشتن محل اتصال در ۰ درجه سانتیگراد ، EMF حرارتی (نیروی الکتریکی) از جفت گرمایی در طول انتقال نقطه ثابت که مواد فلزی از یک جامد به مایع انتقال می یابند ، اندازه گیری می گردد. سپس این EMF با نمودارهای اندازه گیری استاندارد مقایسه می شود تا دقت اندازه گیری حسگر دما تعیین شود.

باز هم عنوان می کنیم: کالیبراسیون نقطه ثابت ترمودینامیکی دقیق ترین روش برای کالیبراسیون دماسنج ها است.



## کالیبراسیون روش حمام هم زده و یا روش کوره

این روش، دقت بسیار پایین تری نسبت به کالیبراسیون نقطه ثابت ترمودینامیکی دارد. هنگامی که دما در سطح مطلوب است، از سنسور برای کالیبراسیون اندازه گیری دما همراه با حسگر دقیق شناخته شده، استفاده می شود. اگر جفت گرمایی نیازی به کالیبراسیون داشته باشد، دو سنسور، ۲ عدد مختلف را برای دما نشان می دهند. این روش در آزمایشگاه ها نیز انجام می گردد.

## کالیبراسیون بلوک خشک

در این روش کالیبراسیون، از دستگاه dry-block استفاده می گردد. پراب های سنسور به بلوک خشک وارد شده و سپس بلوک فلزی خنک شده یا تا دمای خاصی گرم می شود که بتوان دمای نشان داد شده را به راحتی خواند. اگر سنسور همان دمای تنظیم شده در بلوک خشک را نمایش دهد، بنابراین نیازی به کالیبراسیون ندارد. بنابراین، اگر اختلاف دما مشاهده کردید، به احتمال زیاد، نیاز به کالیبراسیون دارید.

## آیا کالیبراسیون جفت های حرارتی لازم است؟

سوال بسیار خوبی است. جفت های گرمایی، اجزای اساسی و مهم یک سیستم هستند که کمیت فیزیکی را اندازه گیری می کنند. انتظار مشتریان گرمی این است که سنسورهای تولید شده توسط کمپانی ها، بدون مشکل دما را اندازه گیری کنند. زیر یک خطا در خواند دما، می تواند منجر به فاجعه ای بزرگ شود که عواقب آن جبران ناپذیر است. این مورد به خصوص در محیط های صنعتی بسیار مشهود است. زیر جفت های گرمایی ماه ها و سال ها در معرض دماهای مختلف قرار می گیرند. بنابراین:

*کالیبراسیون حسگرهای دما، سالیانه توصیه می گردد. در صورتی که از حسگرها به طور مداوم استفاده می کنید، بایستی در فواصل کوتاه کالیبراسیون را انجام دهید.*

در اینجا ذکر این نکته ضروریست شرایطی نظیر در معرض قرار گرفتن طولانی مدت سنسور در دماهای بالا، شرایط سخت محیطی یا شرایطی که شوک حرارتی یا مکانیکی اتفاق بیفتد، بر

## چگونه می توانم متوجه بشوم که آخرین بار چه زمانی کالیبراسیون انجام شده است؟

متأسفانه هیچ روش مطمئنی برای مشخص شدن آخرین زمان کالیبراسیون سنسور دما وجود ندارد. ولی بسیاری از صنایع که از سنسورهای دما استفاده می کنند، سوابقی را به صورت Document (سند) نگه داری کرده تا از زمان آخرین کالیبراسیون مطلع گردند.

پس کالیبراسیون سنسورها یا حسگرهای دما بسیار مهم است. زمانیکه جفت های حرارتی شامل شرایط زیر باشند بایستی کالیبراسیون انجام شود:

- هنگامیکه زمان کالیبراسیون کردن سنسور طبق دوره های زمانی رسیده باشد.
- زمانیکه سنسور تحت شرایط بسیار سخت و غیرمنتظره ای قرار می گیرد.
- عملکرد و دقت اندازه گیری آن ها اشکال داشته باشد.
- سنسورهای Thermocouple را باید زمانی تعویض کنید که:
- معیوب یا خرابش شده باشد.
- در اثر نیورهای مکانیکی آسیب به سنسور وارد شده باشد.
- غلاف محافظ به علل مختلف نظیر خوردگی یا اکسیداسیون دچار مشکل شده باشد.
- زمانیکه که آزمایشگاه کالیبراسیون، دقت اندازه گیری زا خازج از مشخصات ذکر شده سنسور اعلام کند.

### گواهینامه کیفیت سنسورهای دما

با یک تغییر دما ، یک ترموکوبل استاندارد تغییرات دما را نمایش می دهد. با این حساب، چگونه می توان اطمینان یافت که آنچه می بینیم درست است؟ بدین منظور، شرکت آروان صنعت هیراد به تمامی استانداردهای ملی و بین المللی پایبند هستیم ISO و NIST از مشهورترین استانداردهای مورد استفاده برای اندازه گیری عملکرد جفت های گرمایی هستند.

## نتیجه گیری

در این مقاله به سوال ترموکوپل چیست و چگونه کار می کند، پاسخ جامع دادیم و موارد بسیار را مورد بررسی قرار دادیم. اگر پرسشی درباره این نوع از سنسورها دارید، در بخش نظرات همین پست در خدمت تک تک شما عزیزان هستیم.

درباره سید محمد جواد موسوی



حدود یکدهه است که در زمینه برق صنعتی فعالیت های تخصصی دارم.

[مشاهده تمامی مقالات نوشته شده بدست سید محمد جواد موسوی | وبسایت](#)