

## اندازه گیری دما (Thermometry)

شاید دما اولین کمیتی باشد که انسان به کنترل آن فکر کرده است. در اکثر محیط های صنعتی ، دما یکی از کمیت هایی است که مایل به کنترل یا اندازه گیری آن می باشیم. اندازه گیری دما را می توان به سه دسته ی کلی ، اندازه گیری مکانیکی دما ، اندازه گیری الکتریکی دما و اندازه گیری تشعشعی دما تقسیم کرد. البته در بعضی دسته بندی ها اندازه گیری تشعشعی زیر مجموعه ی اندازه گیری الکتریکی جا داده شده است ، که دسته بندی نوع اول را انتخاب نمودیم. در زیر هر دسته با توضیح بیشتری آورده شده است.

### ۳-۱-۱- اندازه گیری مکانیکی دما (Mechanical Thermometry)

قدیمی ترین نوع اندازه گیری دما ، اندازه گیری از نوع مکانیکی می باشد. در این اندازه گیری ها دما به یک کمیت مکانیکی (معمولا جابجایی) تبدیل می گردد. ترمومتر جیوه ای یکی از آشنا ترین نوع ترمومترها است. این اندازه گیر دما را به جابجایی ستون جیوه در لوله تبدیل می کند. در بسیاری از موارد برای استفاده از مزایای کمیت های الکتریکی ، اندازه گیرهای مکانیکی را به اندازه گیرهای الکترومکانیکی تبدیل می کنند. حوزه ی اندازه گیری های مکانیکی از  $50^{\circ}\text{C}$  تا  $1000^{\circ}\text{C}$  محدود می گردد. اصل مورد استفاده در اندازه گیری های مکانیکی دما ، تغییر حجم اجسام در اثر تغییر دما می باشد. انواع مکانیکی دما سنج ها در زیر آورده شده اند.

• اندازه گیری های مانومتری: ترمومترهای مدرج از این نوع می باشند. در اندازه گیری های مانومتری معمولا از یک مایع مناسب مانند الکل ، اتر یا جیوه استفاده می شود. حد بالا و پایین حوزه ی اندازه گیری ، به نقطه ی جوش و انجماد مایع مورد استفاده محدود می شود. البته همین افزایش حجم مایع چون حجم لوله ثابت است ، باعث افزایش فشار در لوله می شود و طبق قانون بویل ماریوت ، اگر این فشار را به فانوس (بلوز) منتقل کنیم ، می تواند دستگاهی که دارای صفحه ی مدرج و عقربه باشد را به حرکت در آورده و درجه حرارت را نشان دهد. در این نوع به جای مایع می توانیم از گاز نیز استفاده کنیم. چون حجم لوله ثابت است ، فشار در لوله در اثر افزایش درجه حرارت ایجاد می شود و این فشار به بلوز منتقل شده و باعث حرکت عقربه می گردد.

• اندازه گیرهای دما از طریق فشار: حوزه ی اندازه گیری اندازه گیرهای مانومتری دما محدود است. برای افزایش حوزه ی اندازه گیری می توان تغییرات دما را به تغییرات فشار تبدیل نمود. این اندازه گیر از

یک مخزن و لوله ی بردن که با یک گاز کامل (معمولا نیتروژن) پر شده اند ، تشکیل شده است و برای اندازه گیری از قانون گاز های ایده آل استفاده می کند. جابجایی لوله بردن می تواند به عنوان دمای اندازه گیری شده مقیاس گردد. در عمل برای جابجایی ، لوله ی بردن را به صورت مارپیچ یا شکل های دیگر می سازند.

• اندازه گیری دما از طریق فشار بخار: فشار بخار یک مایع تابعی از دمای آن است. اندازه گیر هایی که از این اصل استفاده می کنند ، دارای سرعت پاسخ دهی خوبی نسبت به دو نمونه ی بالا می باشند. البته از نظر ساختمان بسیار شبیه به همان دو نمونه ی بالا است با این تفاوت که به جای مایع یا گاز از یک مایع فرار مانند اتر استفاده می شود و همچنین تمام حجم مخزن از مایع پر نمی شود ، بلکه در شرایط عادی در بالای مخزن و در لوله ها بخار وجود دارد. در انتخاب مایع برای این اندازه گیرها باید در نظر داشت که نقطه ی جوش مایع می باید از کم ترین دمایی که می خواهیم اندازه گیری کنیم ، کم تر باشد. به علاوه مایع مورد استفاده باید از نظر شیمیایی بی اثر باشد تا موجب خوردگی مخزن و لوله ها نشود. از معایب این وسایل می توان به تغییر حجم لوله ها با درجه حرارت ، و کامل نبودن گاز مورد استفاده اشاره کرد.

• انبساط فلزات بر اثر حرارت: اگر یک مفتول حرارت داده شود ، طول آن زیاد می شود. از این خاصیت برای اندازه گیری درجه حرارت بهره می گیرند. این اندازه گیرها که معمولا دو فلزی ( Bi Metal ) نامیده می شوند ، از دو نوار باریک دو فلز مختلف که ضریب انبساط متفاوتی دارند ، به یکدیگر متصل کرده و یک طرف آن را به محلی ثابت می کنیم و سر دیگر آزاد را به عقربه ی دستگاه مدرج متصل می نماییم. با اعمال درجه حرارت ، انتهای آزاد به علت نابرابر بودن ضریب انبساط طولی دو فلز مذکور در جهت محور حرکت پیچشی انجام می دهد که به عقربه منتقل می گردد و مقدار درجه حرارت را نشان خواهد داد. فلزهای مورد استفاده معمولا از آلیاژهای آهن - نیکل می باشند. یک آلیاژ نیکل به نام Invar که ضریب انبساط حرارتی کمی دارد معمولا به عنوان فلز با ضریب کم تر مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد این اندازه گیرها به دلیل ارزانی ، سادگی ، محکمی و دوام بیشتر در کنترل های خاموش - روشن و حفاظت و آلارم می باشد.

اندازه گیر های تشعشعی دما به نام پیرومتر (Pyrometer) شناخته می شوند. از ویژگی این اندازه گیر این است که نیاز به تماس با پروسه ی اندازه گیری نیست. بنابراین می توان از این سیستم برای مواردی که پروسه متحرک است و یا دمای آن بسیار بالا است ، به گونه ای که هر گونه تماس موجب ذوب شدن و خرابی اندازه گیر می شود و یا هنگامی که پروسه دارای مواد مخرب و زیان بار است استفاده نمود. ابزارهای سنجش دما به روش تابش ، میزان تشعشع ساطع شده توسط ابزارهای داغ را که به خصوصیات تابشی جسم مورد نظر بستگی دارد ، اندازه گیری می کنند. معمولاً تشعشع به دقت اندازه گیری نمی شود و علاوه بر این مقدار آن ممکن است با زمان تغییر کند که سبب ایجاد مشکلاتی در تبدیل میزان تابش به دما می گردد. همچنین ، تابش خارج ناحیه ای نیز ممکن است به ابزار اندازه گیری برسد و سبب ایجاد خطای تبدیل شود. ابزارهای سنجش دما به روش تابش ، این مزیت را دارند که می توان از آن ها برای اندازه گیری دما در محدوده ی وسیعی از دماها استفاده برد. حد بالای دمای قابل اندازه گیریهای تشعشعی به حدود ۴۰۰۰ درجه ی سانتی گراد می رسد و در محدوده ی دمایی °C ۴۵۰ تا °C ۲۰۰۰ دارای دقت اندازه گیری ای بیشتر از ۰/۵٪ می باشند. سنجش دما توسط تابش نیاز به سخت افزار و نرم افزار خاص برای پردازش سیگنال دارد.

اصل فیزیکی مورد استفاده در پیرومترها این است که اجسام از خود انرژی تشعشع می کنند. این انرژی به صورت امواج الکترومغناطیسی است که طول موج آن ها از حوزه ی امواج مرئی (۰/۳۵ تا ۰/۷۵ میکرومتر) تا حوزه ی امواج زیر سرخ (۰/۷۵ تا ۲۰ میکرومتر) گسترده شده است. در حوزه ی امواج مرئی انرژی تشعشع شده به صورت رنگ نمایان می شود. برای بیان رابطه ی بین دمای جسم با طول و شدت موج ساطع شده ، مفهومی به نام جسم سیاه (Black Body) را تعریف می شود. رابطه ی بین دما ، طول موج و شدت تشعشع توسط رابطه ی پلانک بیان می شود. در حالت کلی می توان گفت انرژی ساطع شده از یک جسم سیاه متناسب با توان چهارم درجه حرارت است. پیرومترهای نوری اگر به خوبی کالیبره و تنظیم شوند ، نتایج خوبی خواهند داد. هنگام استفاده از پیرومترهای نوری باید دقت کرد که گرد و غبار و یا مواعی بین جسم گرم و دوربین اندازه گیری نباشد ، چرا که وجود گرد و غبار و بخار موجب نوعی فیلترینگ و حذف یا تضعیف تشعشعات در بعضی طول موج ها می گردد. همچنین تمیز بودن عدسی پیرومتر از اهمیت زیادی برخوردار است.