

# RADYASYON TERMOMETRESİNİN KALİBRASYON METOTLARI VE DİĞER TERMOMETRELERDEN AYRILAN ÖZELLİKLERİ İLE ENDÜSTRİDE KULLANILDIĞI YERLER

FATİH KÖSE  
FİZİKÇİ  
TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİKSEL KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

## ADYASYON TERMOMETRESİ

Bilindiği üzere sıcaklık ölçülmesinde kullanılan birçok termometre çeşitleri vardır. Endüstride kullanılan ve sık sık karşılaştığımız bu termometrelerden bazıları Cam termometreleri, Termo- çiftler, Termo-dirençler, Dijital ve Analog göstergeler, Sıcaklık kontrol cihazları, Sıcaklık kalibratörleri Radyasyon termometreleri vb.

Sıcaklık ölçen bu cihazlardan Radyasyon termometrelerinin kalibrasyon metotlarını ve diğer termometrelerden ayrılan özellikleri ile endüstride kullanıldığı yerleri açıklamaya çalışacağım.

Kömürün ateşteki donuk kırmızı parlaklığını ve akkor lambanın parlak beyazlığını biliyoruz. Ve yine biliyoruz ki, daha parlak kızıl nesnelere daha sıcaktır. Bu Radyasyon termometrelerinin sıcaklığını ölçebileceği en basit bir örnektir. Basit olmasına rağmen sıcaklığın değişimi renk ile dikkat çekilecek şekilde ilişkilidir. Endüstrideki yüksek sıcaklık proseslerinde çalışanlar; örneğin çelik işindeki kullanıcılar sıcaklığı basit olarak Tablo .1' de görüldüğü gibi  $\pm 50$  °C' yi renk ile tahmin edebilirler.

### SICAKLIK °C

500

700

900

1000

1100

1250

1500

1800

### RENK °C

henüz görülebilir kırmızı

donuk kırmızı

cerise

parlak cerise

donuk portakal kırmızısı

parlak portakal sarısı

beyaz

göz kamaştırıcı beyaz

Tablo 1.

Gözlerimiz 500°C'den soğuk cisimlerin ışımasını fark edemediğinden sadece sıcak ve tehlikeli olabilecek nesnelere için termo radyasyon çağrışımını yaparız. Bununla birlikte çevremizdeki her şey çok miktarda elektromanyetik enerji ışıması yapar. Bu ışımanın sıcaklık ile ilişkisini anlayarak sıcaklığın doğru ölçümünü yüksek derecelerde yapabiliriz.

Radyasyon termometrelerini diğer termometrelerden ayıran üç temel yapısı vardır.

İlk olarak Radyasyon termometresi termo dinamiktir. Yani nesnelere yüksek doğruluklarını tanımlayan evrensel fiziksel kurallara dayanır. Radyasyon termometreleri sadece suyun üçlü noktası referans kabul edilerek bina edilmiştir.

Diğer termometrelerden ayıran ikinci özellik ise termometre ölçtüğü sıcaklığa dokunma ile temas etmez. Uzak ve hareket eden nesnelere sıcaklıklarını ölçmek için kullanılır. Bu özellik bize fırının içindeki sıcaklığı, ateşi hatta güneşin ve yıldızların sıcaklıklarını ve diğer dokunularak temas edilemeyecek nesnelere sıcaklıklarını ölçebilmemizi sağlar.

Üçüncü özellik ise; Radyasyon termometresi ile ölçüm alınırken cisimlerin yüzeyleri sensör olarak kullanılır. Bu durumun hem avantajı hem de dezavantajı vardır. Nesne yüzeylerinin sensör olarak kullanılması diğer termometreleri etkileyen daldırma ve termal dokunma gibi zorlukları ortadan kaldırırken izlenebilirliği hakkında daha zor sorular ortaya çıkarır. Şayet cihaz kullanılırken farklı sensörler gerektiriyorsa ölçümü nasıl izlenebilir yapabiliriz? Bu da Radyasyon termometresinin izlenebilirliği hakkındaki zorluklarını ortaya koyar.

#### Radyasyon Termometrelerinin Seçimi Ve Endüstrideki kullanımı

Belki sorulması gereken ilk soru "Radyasyon Termometresi en iyi opsiyon mudur?" sorusudur. Genellikle iyi bir kontakt termometre kullanılan uygulamalarda hemen hemen aynı durumdaki bir radyasyon termometresinden daha doğru ölçümler yapabilme imkanı vardır. Radyasyon termometrelerinin uygun olduğu durumlar aşağıda verilmiştir;

- Hedef nesne hareket ediyorsa;
- Titreşimden veya korozyondan dolayı ortam kontakt termometre için fazla yıpratıcı ise;
- Sıcaklığın çok yüksek olduğu yerlerde özellikle 1500 °C üzerinde veya uzun süreli montajda 1100 °C üzerinde ise;
- Hızlı tepki istenilen yerlerde;
- Uzaktan ölçüm gereken yerlerde;
- Kontakt termometrenin ölçülen nesne etrafındaki ısı dengesini bozacağı yerlerde.

Bu faktörlerden bir veya birkaçı mevcut ise Radyasyon termometresi tek seçenektir. Radyasyon termometre kullanılması kararlaştırılmış ise sıra yüzlerce çeşit içinden uygun olanı seçmeye gelmiştir. Bu, çalışma dalga boyları, uygulamalar ve seçeneklerle yakınlığı olmayanlar için zor bir iştir. Kılavuz olması için burada bazı öneriler yapılmıştır. Öncelikle cihaz için gerekli spesifikasyonlar belirlenir.

**Sıcaklık Bölgesi:** Termometrenin çalışma bölgesi kati olarak belirlenmelidir. Geniş çalışma bölgesi aralığına sahip cihazların doğruluğu dar çalışma bölgesine sahip olanlardan daha azdır.

**Doğruluk:** Gerekli doğruluk derecesi belirlenirken yansımalar, yüzey emissivitesindeki belirsizliklerden ve parlamalardan kaynaklanan hata ihtimalleri de hesaba katılmalıdır. Hata ihtimali

yüksek ise kısa dalga boylu , yüksek kaliteli enstrümanlar tercih edilmelidir. Özellikle uzun dalga boylu enstrümanlar için analogdan ziyade dijital emissivity kompanzasyon ayarlı termometreler tercih edilir.

**Çalışma Dalga Boyu:** Çalışma dalga boyunun seçiminde en kısa dalga boyu genellikle en iyisidir. Bununla birlikte üç durumda daha uzun dalga boyları avantajlı olabilir.

***Birincisi;*** eğer geniş ve dağınık kaynaklardan gelen yansımalar varsa ve termometre  $\epsilon_r=1.0$  (emissivity) modunda çalışıyor ise uzun dalga boylu termometreler seçilmelidir. Bu termometreler çok sıcak kaynakların (Güneş gibi) sebep olduğu yansıma hatalarını da azaltır.

***İkinci olarak;*** Eğer ince toz , duman veya görünür alevler yakın planda mevcut ise daha uzun dalga boylu termometreler saçılma hatlarına daha az duyarlıdır.

***Üçüncü olarak da;*** Termometreler cam veya plastik sanayinde kullanılıyor ise, camın veya plastiğin opak (mat) olduğu dalga boylarında kullanılmalıdır.

**Görüş Sahası:** Görüş sahası hedefin büyüklüğüne ve onu gözleyebilecek en uygun montaj noktasına uzaklığı ile belirlenir. Eğer başka alevler ve radyasyon noktaları varsa gözlem noktasını seçerken dikkatli olunmalıdır.

**Tepki Zamanı:** Radyasyon termometrelerinin tepki zamanı 0.001 saniyeden 10 saniyeye kadar değişmektedir. Bir çok sanayi termometrelerinin tepki zamanı ise 0.1 ve 10 saniye arasında değişir. Bazı üreticiler tepki zamanını ihtiyaca göre ayarlayabilmektedir.

**Okuma Modu:** Bazı üreticiler genel analog,dijital akım ve voltaj çıktı modları kadar iyi termoçift simulasyonu voltaj çıktıları sağlamaktadır.

**Özel Çevresel Mütalaalar:** En önemli faktörlerden biride termometrenin ortamıdır. Eğer toza maruz kalıyor ise havalı toz tahliye sistemi gerekebilir; yahut yüksek ortam sıcaklığı varsa su soğutma sistemine veya yüksek çalışma sıcaklığına ihtiyaç duyulur. Diğer muhtemel opsiyonlar ise infilak güvenliği ve radyasyon şildi olabilir.

**Uygulama/Üretici:** Umumiyetle bir termometre için en iyi tavsiyeler üreticisinden temin edilebilir. Birçok büyük üreticinin belirli sanayiler ile bağlantıları veya servis hizmetleri vardır. ( Petro kimya, cam, plastik ve çelik sanayileri gibi) Eğer sürekli radyasyon termometreleri kullanan bir sanayide çalışıyor iseniz muhtemelen büyük firmalardan biri sizin endüstrinizi destekleme konusunda uzmanlaşmıştır. Bu durumda siz hangi üreticinin sizinle en iyi işbirliği yapabileceğini tespit etmelisiniz. Onlar size dalga boyu seçiminde, çevresel mütalaalar hakkında bilgi verebilir. Tozdan dolayı saçılmaların problem olabileceğini belirtebilirler.

**Kalibrasyon:** Enstrümanın kalibrasyonu hakkında da bir fikir verilmelidir. Şayet sadece radyasyon termometreleriniz varsa kalibrasyon masrafları oldukça yüksek olacaktır. Termometre yeni iken, 1 yıllık iken ve sonra ihtiyaç oldukça ( bir noktada yapılan kontrollerinde kayma gözlenir ise) kalibrasyonlarına dikkat edilmelidir.

Diğer termometrelerin aksine radyasyon termometreler donma noktasında kolaylıkla kontrol edilemezler, bu yüzden izlenebilirlik için ilave cihazlara ihtiyaç vardır. Şimdi piyasada göreceli ucuz kara cisimler (blackbody) mevcuttur. Bunlar ile düzenli doğruluk kontrolleri ve kalibrasyonlar yapılabilir. Ayrıca kalibrasyon hizmeti veren üreticiler de mevcuttur.

## RADYASYON TERMOMETRELERİNİN KALİBRASYON METODLARI

Daha doğru ve izlenebilir ölçümler için radyasyon termometrelerinin kalibrasyon metotları hızlı bir şekilde gelişmektedir. Radyasyon termometrelerinin ITS-90'a göre izlenebilirliği üç şekilde belirlenebilir.

### 1- TUNGSTEN STRIP LAMBASI YOLUYLA

Yüksek sıcaklık kalibrasyonlarında tungsten strip lambasını kaynak olarak kullanmak genelde pratiktir. Bu sıcaklıklarda görülebilir veya fotoelektrik ısı ölçerler kalibre edilebilir.

Tungsten Strip lambası transfer standart yardımı ile sabit nokta kara cismine karşı Ulusal Standartlar Laboratuvarları tarafından kalibre edilir. Bu lamba diğer radyasyon termometrelerinin kalibrasyonu için parlak kaynak olarak kullanılabilir. Özellikle ince tel (filament) görünmeyen radyasyon termometreleri 655 nm dalga boyuna yakın çalışır. Bu termometreler için Tungsten filament kullanılır. Bu lamba kara cisim (blackbody) sıcaklığını oluşturmak için transfer standart radiometer ile birlikte kullanılabilir. Bu yöntem 655 nm dalga boyundan daha büyük veya görüş sahası 2 mm daha fazla termometrelerin kalibrasyonu için en iyi metottur.

İngiltere'de üretilen Tungsten Strip lambasının 1.3 mm genişliğinde filamenti vardır. Bu filament lamba başlığının aşağısına doğru dik pozisyonundadır. Ve yüksek ısı ölçer ile şeride (strip) bitişik bir gösterici tarafından gösterilen filamentin üst kısmına doğru bakılır.

Vakum lambası 700 °C ile 1550 °C arasındaki sıcaklık bölgeleri için kullanılır. Gaz - filled lambaları 1300 °C' den 2300 °C' ye kadar olan bölgeler için kullanılır. Tungsten Strip Lambası için düşünülen en yüksek sıcaklık noktası 2300 °C dir. Yüksek sıcaklıkta bazen 2500 °C' ye kadar bu lamba kullanılır. Fakat bu sıcaklıkta tungsten strip lambasının uzun periyotlar için çalıştırılmaması tavsiye edilir. Bu sıcaklıkların ötesinde, örneğin 2700 °C' de kara cisim lambası kullanılabilir. Ve 3520 °C' de carbon-arc noktası kullanılması tavsiye edilir.

### 2- TRANSFER STANDART RADIOMETER YOLUYLA

Transfer Standart Radiometer'ların kararlılığının gelişmesi ile birlikte sıcaklık skalasını oluşturmak için strip lambalarının kullanılmasına fazla gerek kalmadı. Sabit nokta kara cismine karşı kalibrasyon yapılırken ve tümüyle özel bir metot iken transfer standart radiometer'ların stabilitesinin artması ile tüm dalga boylarına sahip termometrelerin kalibrasyonlarını yapmak için kara cismin parlak sıcaklığını oluşturmada kullanılır hale gelmiştir.

### 3- TERMOKUPL VE TERMODİRENÇ YOLUYLA

960 °C altındaki sıcaklıklarda ki bu bölgede ITS-90 PT- Direnç termometre yardımı ile tanımlanmıştır. Kara cismin sıcaklığı kalibrasyonu yapılmış bir termoçift veya termodirenç yardımı ile belirlenebilir. Blackbody' nin sıcaklığını ölçmede uygun ve fiyatta etkili yöntemdir. Fakat cavity içindeki sıcaklık gradientinden önemli hatalar ve belirsizlikler ortaya çıkar.

Bu metot 960 °C - 1700 °C arasındaki sıcaklıklar için de kullanılabilir. Bu durumda yüksek sıcaklıkları ölçebilecek bir termokupl'a ihtiyaç vardır. Bununla birlikte bu kalibrasyon için daha başka steplere ihtiyaç vardır. Bu durum ise belirsizliği daha da arttıracaktır.