

UME YAPIMI PLATİN BAZLI ISILÇİFTLER

Murat Kalemci, Narcisa Arifoviç, Doç. Dr. Sevilay Uğur

Ulusal Metroloji Enstitüsü, P.K: 54 41470 Gebze-Kocaeli TÜRKİYE
Tel: 262 679 50 00 E-Mail: murat.kalemci@ume.tubitak.gov.tr

ÖZET

Isılçiftler, endüstriyel kullanımda geniş bir uygulama alanına sahip olan cihazlardır. Isılçiftleri vazgeçilmez kılan unsurlar, kullanımlarındaki kolaylık, fiziksel dirençlerinin iyi olması, ucuz maliyetleri ve sıcaklık aralıklarının geniş olmasıdır. Platin-bazlı ısıılçiftler (platin/platin-rodyum, platin/paladyum ve altın/platin) içinse durum biraz daha farklıdır. Bu tip ısıılçiftler yüksek sıcaklık ölçümlerinin değişmez referans cihazlardır. Böylelikle tekrarlanabilirlikleri ve doğrulukları diğer tiplere kıyasla çok daha üstündür. Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Sıcaklık Standartları Laboratuvarı olarak, hem kendi laboratuvar iç imkanlarımızın geliştirilmesi hem de endüstrinin ihtiyaç duyduğu yüksek sıcaklık referansların sağlanabilmesi amacıyla, platin bazlı ısıılçiftleri üretiyoruz. Bu makalede UME'de yapılan ısıılçiftlerin elde ettiği sonuçlarla ilgili bir değerlendirme sunulacaktır.

Anahtar sözcükler: platin bazlı ısıılçiftler, Seebeck etkisi, sabit noktalarda kalibrasyon, belirsizlik

1.GİRİŞ

Sıcaklık metrolojisinde, izlenebilirlik zincirinin en tepesinde, değerleri Uluslararası Sıcaklık Ölçeği-1990 (ITS-90) [1] tarafından tanımlanmış olan metallerin faz geçişleri yer almaktadır. Hem bu sabit nokta sıcaklıkları arasındaki bölgeyi tanımlamak hem de yüksek doğruluk elde etmek amacıyla standart platin direnç termometresi (SPRT) gibi referans interpolasyon cihazlarına ihtiyaç duyulur. Yüksek sıcaklık aralığında ise, ölçümler için referans olan interpolasyon cihazları platin-bazlı ısıılçiftlerdir.

Isılçiftler sıcaklık dağılımına doğrudan bağlı olarak gerilim üreten cihazlardır. Sıcaklık ölçümlerinde kullandığımız bu gerilim değeri Seebeck etkisiyle açıklanır [2]. Isılçift telinin dx uzunluğundaki bir kesitinde, Seebeck geriliminde dE kadarlık bir artış, o telin Seebeck katsayısına (S(T)), ve aynı uzunluk için geçerli olan sıcaklık artışına bağlıdır.

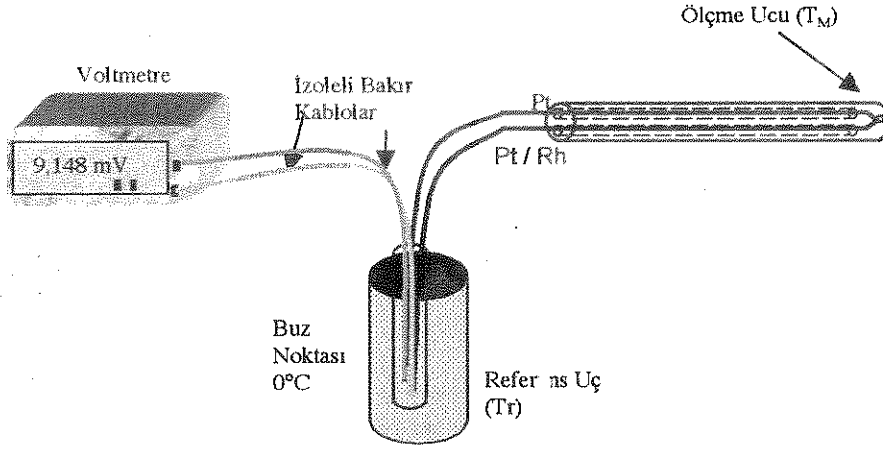
$$dE = S(T) dT \quad (1)$$

Bir ısıılçift devresini analiz etmek için en temel denklem budur. Sıcaklık artışının (dT), toplam sıcaklıktaki bir artış olmayıp sıcaklık dağılımından (gradyent) kaynaklandığını vurgulamak için aynı denklem aşağıdaki şekilde de yazılabilir:

$$dE = S(T,x) (dT/dx) dx \quad (2)$$

burada (dT/dx) tel boyunca sıcaklık dağılımı , dx tel üzerindeki küçük bir kesit ve S(T,x) ise telin Seebeck katsayısıdır.

Isılçift ölçümlerinde kullanılan temel devre şeması şekil 1.1'de verilmiştir. Isılçiftlerde referans ve ölçme ucu diye adlandırılan ve farklı sıcaklıklarda (T_M ve T_R) bulunan iki farklı sıcaklık noktası vardır. Referans uç üzerindeki açık-devre gerilimi Seebeck gerilimi olarak adlandırılır ve referans uç ile ölçme ucu arasındaki sıcaklık farkı arttıkça, bu gerilim değeri de artar. Isılçiftleri, diğer tüm termometrelerden farklı kılan unsur doğrudan sıcaklık yerine sıcaklık dağılımına bağlı olarak çalışmasıdır.



Şekil 1.1 : Isılçift kalibrasyon devresi

2. ISILÇİFT YAPIM TEKNİĞİ

Isılçift performansını etkileyen faktörler, yapım sırasında oluşan kusurlar ve tellerin örgü yapısındaki düzensizliklerdir. Bu sebeple ısılçift yapımında kullanılan tellerin mümkün olduğu kadar saf olmasına dikkat edilmelidir. UME yapımı ısılçiftlerde %99,999 saflığa sahip platin teller kullanılmıştır.

Bütün ısılçiftler arasında, tekrarlanabilirliği en yüksek ve belirsizliği en düşük olan ısılçiftler platin bazlı olanlardır. Bunlardan en çok tanınanları ise, platin-platin/13% rodyum (R tipi) ve platin-platin/10% rodyum (S tipi) ısılçiftlerdir[3]. UME sıcaklık standartları laboratuvarı olarak referanslarımızı bu tip ısılçiftlerden yapmayı tercih ettik.

Isılçift yapımında ilk işlem olarak, ısılçift telleri kimyasal olarak temizlenmiştir. Teller temizlendikten sonra elektiriksel tavlama işlemine başlanmıştır. Isılçifti oluşturacak teller özel olarak tasarlanmış tavlama sistemine alınmış ve tel üzerinden transformatör yardımıyla akım geçirilerek tavlama sıcaklığı ayarlanmıştır. Tavlama sırasında sıcaklık kontrolü optik pirometre ile kullanılarak yapılmıştır.

Tavlama teller iki delikli alumina izolasyon tüplerinden geçirilmiştir. Bu işlemde önce izolasyon tüpleri de ısı işleme tabi tutulmuştur.

Isılçift ölçme ucu, platin ve platin-rodyum tellerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Isılçiftin referans ucu oluşturulurken, izolasyon tüpünün dışına çıkan ısılçift tellerinin ucu ile yalıtılmış bakır teller birleştirilmiştir. Tüm bu aşamalardan sonra ısılçift, daha önce yüksek sıcaklıkta tavllanmış olan koruma tüpüne yerleştirilmiştir.

Yapım sırasında oluşan kirlilik ve gerilimlerin giderilmesi amacıyla ısılçift yeniden ısı işleme tabi tutulmuştur.

3.ÖLÇÜMLER VE SONUÇLAR

Bir adet R tipi ve bir adet de S tipi ısılçift bir önceki bölümde bahsedildiği gibi hazırlanmıştır. Bu ısılçiftler ile, sırasıyla gümüş, alüminyum, çinko ve kalay donma noktalarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümler boyunca ısılçiftin referans ucu buz noktasında (0°C) tutulmuştur. Her iki ısılçift için de, tüm sabit noktalarda en az 3 plato değeri elde edilmiştir [4]. Bu değerlerin ortalaması tablo 1'de görülebilir.

TABLO 3.1 : R ve S tipi ısılçiftler ile sabit noktalarda elde edilen değerler

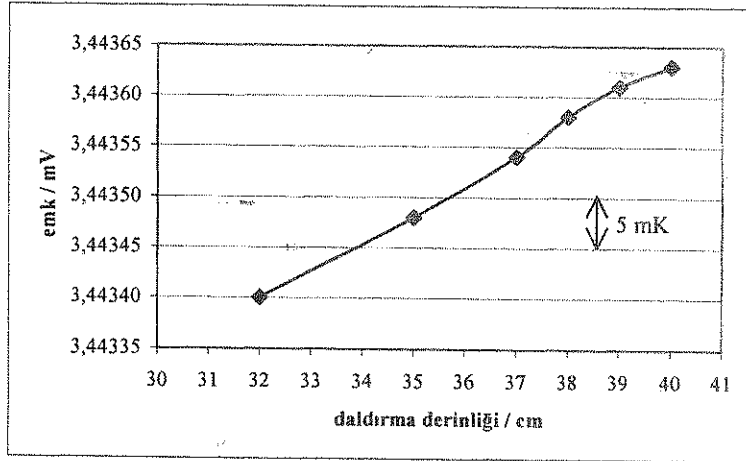
Sabit Noktalar	R tipi (μV)	S tipi (μV)
Ag (961.78°C)	10008,23	9152,79
Al (660.323°C)	6276,45	5858,95
Zn (419.527°C)	3608,86	3443,63
Sn (231.928°)	1753,93	1712,08

Bu sonuçlar, hem gerilim hem de sıcaklık cinsinden, uluslararası referans değerlerden (NIST Monograph 175'de verilmiş olan) sapma olarak tablo 3.2'de bulunabilir.

TABLO 3.2 : R ve S tipi ısılıçiftler ile sabit noktalarda elde edilen sapma değerleri

Sabit Noktalar	R tipi ısılıçift		S tipi ısılıçift	
	Sapma (μV)	Sapma ($^{\circ}\text{C}$)	Sapma (μV)	Sapma ($^{\circ}\text{C}$)
Ag (961.78 $^{\circ}\text{C}$)	-4,80	-0,37	-4,41	-0,39
Al (660.323 $^{\circ}\text{C}$)	0,64	0,05	1,18	0,11
Zn (419.527 $^{\circ}\text{C}$)	2,44	0,23	3,26	0,34
Sn (231.928 $^{\circ}$)	2,30	0,25	2,92	0,34

Isılıçiftler için homojenlik ve kararlılık testleri uygulanmıştır. Homojenlik testi, sıcaklık dağılımı iyi bilinen bir kaynak içinde, ısılıçiftin eşit adımlarla dışarı çıkarılıp, değerinin kontrol edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Sabit noktalar doğaları gereği son derece homojen sıcaklık kaynaklarıdır; bu sebeple bu noktalarda gerçekleştirilen daldırma derinliği testleri ısılıçift tellerinin homojenliği konusunda bilgi vermektedir. Çinko sabit noktasında yapılan daldırma derinliği testinin sonuçları şekil 3.1'de görülebilir. Grafikten de görülebileceği gibi, 8 cm'ye kadar gerçekleştirilmiş olan bu testte, yaklaşık 30 mK değişim gözlenmiştir. Bu değer ısılıçifti oluşturan tellerin sağlığını göstermektedir.



Şekil 3.1 : Çinko donma noktasında daldırma derinliği test sonuçları

Kararlılık testi ise tavlama öncesi ve sonrası ısılıçiftin gümüş sabit noktası değerlerinin karşılaştırılmasını içerir. Isılıçiftlerin sabit noktadaki kalibrasyonları için ölçüm belirsizliklerini dört ana grupta toplayabiliriz:

- Sabit noktadan kaynaklanan belirsizlik
- Elektriksel ölçümlerden kaynaklanan belirsizlik
- Referans uç ve ortam şartlarından kaynaklanana belirsizlik
- Isılıçiftin kendisinden kaynaklanan belirsizlik

Bu maddeler ışığında, R tipi ısılıçift ile gümüş sabit noktasında elde edilen ölçümlerin belirsizlik bütçesi tablo 3.3'de bulunabilir.

TABLO 3.3 :Belirsizlik bileşenleri ve değerleri

Belirsizlik Bileşenleri	Standart Belirsizlik / mK
A tipi İstatiksel dağılım	30
B tipi Sabit Nokta	20
Elektriksel Ölçümler	50
Referans Sıcaklık Ucu	70
Isılçift Karakteristiği	120
Bileşik Belirsizlik	150
Genişletilmiş Belirsizlik	300

4.SONUÇ

Isılçiftlerin birincil seviye kalibrasyon sonuçları açıkça göstermiştir ki, referans platin-bazlı ısıılçiftlerin UME'de yapımları yüksek doğruluk ve düşük belirsizlik sağlayacak şekilde başarılmıştır. Referans tablo değerlerinden, sapma değerleri küçüktür ve halihazırda kullandığımız National Physical Laboratory (NPL) yapımı ısıılçiftlerle elde ettiğimiz sapma değerleri ile aralarında pratik olarak hiçbir fark yoktur.

5.REFERANSLAR

- [1] H. Preston-Thomas, "The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)", Metrologia, vol.27,pp.3-10, 1990
- [2] Daniel D. Pollock, "Thermocouples Theory and Properties", CRC press, pp 137-139
- [3] G.W.Burns, G. Strouse, M. C. Croarkin, W. C. Jones, F. W. Gutrie, M. G. Schroger, NIST Monograph 125, 1993
- [4] M. Kalemci, S. Uğur, " The construction and characterization of Pt-based thermocouples at UME", XVII IMEKO World Congress, 2003