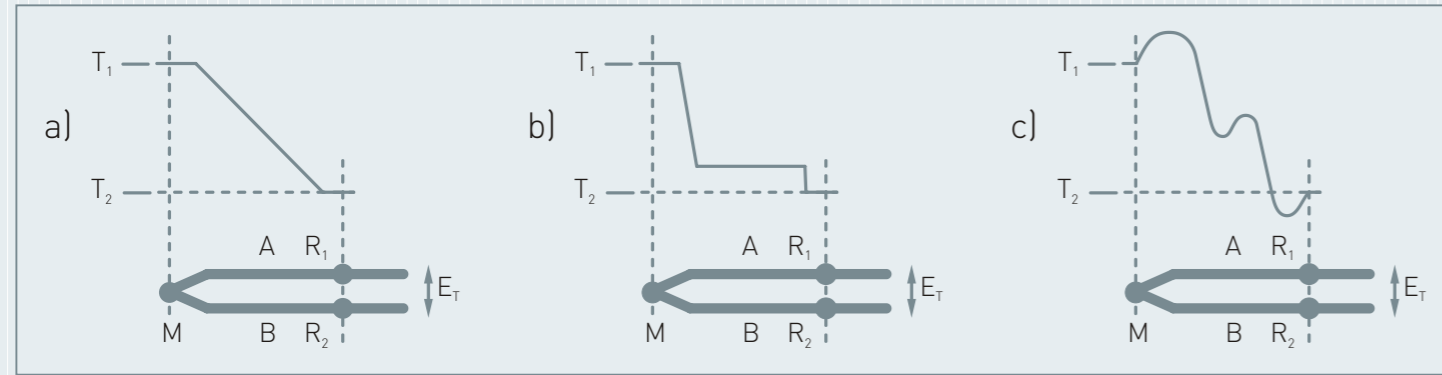


Termokupllar -200°'den 2320°C'ye kadar çeşitli proseslerde yaygın olarak kullanılır.

Termokupllar iki farklı metal alaşımın uçlarının kaynaklanması ile elde edilen bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Kaynatılan nokta SICAK NOKTA, açık kalan iki uç SOĞUK NOKTA olarak adlandırılır. Termokupl sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkından oluşur. Sıcaklık farkına orantılı olarak soğuk nokta uçlarında mV değerlerinde gerilim üretilir. Sıcak nokta ile soğuk nokta sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılıdır (Şekil 1).



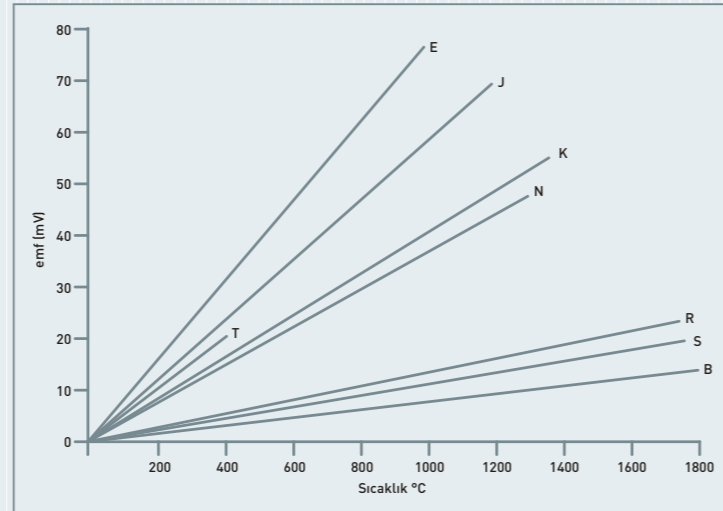
Şekil 1

Sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkı termokupl üzerinde gerilim (EMF) yaratır. (Şekil-2) Sıcak nokta sıcaklığı aynı kalmak koşulu ile soğuk nokta sıcaklığı değiştiğinde farklı sıcaklıklar okunur. Bu nedenle mV tablolarındaki değerlerde standart sağlamak için ölçülen sıcaklık karşılığı mV değerleri soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir. Örneğin 200°C'ye karşılık gelen mV değeri, termokupllun sıcak noktası 200°C'de, soğuk nokta 0°C'de iken uç noktada ölçülen mV değeridir.

Termokupllar (Isıl çift) iki farklı metal veya alaşım tel olmasına rağmen endüstride genelde çıplak olarak kullanılmazlar. Prosesin şartları (mekanik darbeler, fiziksel ve kimyasal özellikler) göz önüne alınarak özel koruyucu kılıflar içinde kullanılır. Eleman telleri iki farklı kutuplarda olduğundan birbirlerinden seramik izolatörler ile izole edilirler.

Termokupl yapısal olarak incelendiğinde;

- 1- Bağlantı kafası
- 2- Bağlantı klemensi
- 3- Koruyucu tüp
- 4- Eleman teli
- 5- izolatör
- 6- Primer (iç koruyucu)
- 7- Flanş veya rekor gibi malzemelerden oluşur.



Şekil 2

TERMOKUPL STANDARDI

Bu katalogdaki termokuplların EMF (mV) karakteristikleri DIN 43710 ve IEC-584 standartlarına uygundur. İstenildiğinde diğer standart özelliklerinde termokupllarda ORDEL tarafından üretilir. EMF (mV) tabloları termokupl genel bilgiler bölümünde verilmiştir.

BAĞLANTI KAFASI

Termokupl koruyucu kılıflarının bağlandığı alüminyum döküm kafa içinde seramik bağlantı klemensine eleman telleri ve kompanzasyon kabloları (+) ve (-) uçları doğru bir şekilde bağlanır. Kafalar DIN 43729 standartlarına uygundur. Standartlarda A tipi büyük, B tipi küçük kafa kullanılır. Alüminyum döküm kafalar maksimum 200° C'ye kadar kullanılır. Kafa sıcaklığı 200°C'yi geçmemelidir. Kafaların koruma sınıfı IP67'dir. Standart kafa dışında istendiğinde EX-PROOF kafa veya özel kafa da üretilir.

ELEMAN TELLERİ

DIN 43710 ve IEC-584 standartlarında endüstride en çok kullanılan eleman telleri şunlardır.

ELEMAN TELİ	DIN 43710	DIN 43710 ve IEC 584	SICAKLIK ARALIĞI		
Cu-Const	U	T	-200°C	+300°C	Bakır-Konstantan
Fe-Konst	L	J	-200°C	+800°C	Demir-Konstantan
Cr-Al		K	-200°C	+1200°C	Kromel-Alümel
NiCr-Ni		K	-200°C	+1200°C	NikelKrom-Nikel
Cr-Const		E	-200°C	+1200°C	Kromel-Konstantan
Nikrosil-Nisil		N	0°C	+1200°C	NikelKrom-Silikon-Nikelsilikon magnezyum
Pt%10Rh-Pt		S	0°C	+1500°C	Platin Rodyum-Platin (%10)
Pt%13Rh-Pt		R	0°C	+1600°C	Platin Rodyum-Platin (%13)
Pt%18Rh-Pt		B	0°C	+1800°C	Platin Rodyum-Platin (%13)
Tn-Tn%26Re		W	0°C	+2000°C	Tungten-Tungsten%26Renyum

Eleman tellerinin sıcaklık-mV eğrileri incelendiğinde lineer olmadığı görülür. Her eleman telinin diğerine göre lineer olarak daha uygun olduğu bölgeler vardır. Örneğin 800°C ölçeklenen bir Fe-Const termokupl ile 1200°C ölçeklenen NiCr-Ni eleman tellerinin mV eğrisi karşılaştırıldığında 300-500°C arasında Fe-Const, NiCr-Ni'e göre daha lineer'dir. Bu nedenle bu çalışma aralığında Fe-Const tercih edilir. PtRh-Pt eleman teli incelendiğinde 800°C'nin altında lineer değildir. 800-1600°C arası daha uygun çalışma alanıdır.

Termokupl eleman telleri (+) ve (-) olmak üzere iki bacaklıdır. Bu nedenle cihaza bağlanırken (+) ve (-) uçları dikkate alınarak bağlanmalıdır. Uluslararası standartlarda (+) ve (-) uçları belli renk kodları ile işaretlenmiştir.

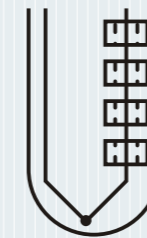
+	DIN 43710	IEC-584	-	DIN 43710	IEC-584
	RENK	RENK		RENK	RENK
Cu	Kırmızı	Kahve	Const	Kahve	Beyaz
Fe	Kırmızı	Siyah	Const	Mavi	Beyaz
NiCr	Kırmızı	Yeşil	Ni	Yeşil	Beyaz
PtRh	Kırmızı	Portakal	Pt	Beyaz	Beyaz

DIN ve IEC standartlarında termokupl renk kodları tablosu

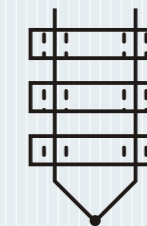
ELEMAN TELLERİNİN İZOLE EDİLMESİ

Termokupl eleman telleri ucu kaynatıldıktan sonra herhangi bir dış koruyucu içine yerleştirilsin veya yerleştirilmesin (+) ve (-) bacaklar bir birinden izole edilir. İzolasyon için genelde yaygın olarak KER-610 seramik izolatörler kullanılır. Ayrıca özel proseslerde (1500°C'nin üzerinde) KER-799 Saf Alümina izolatörlerde kullanılır. Genel olarak PrRh-Pt eleman tellerinde tek parça izolatör, e-Konst, NiCr-Ni gibi eleman tellerinde parçalı izolatörler kullanılır.

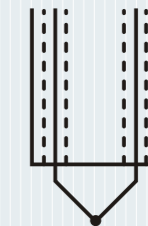
Tek delikli izolatör



Çift delikli izolatör



Tek Parça izolatör



ELEMEN TELLERİ SICAKLIK LİMİTİ

Termokupl eleman tellerinin sürekli ve maksimum çalışabileceği sıcaklık limitleri eleman teli çapına göre değişir. Eleman teli çapı kalınlaştıkça maksimum çıkacağı sıcaklık limiti artar. Kalın Çaplı tel ince tele göre daha uzun ömürlü olur. Ancak seçilecek tel çapı sürekli ve maksimum sıcaklığa bağlı olarak algılama hassasiyeti ve dış koruyucu boru çapları göz önüne alınarak seçilmelidir.

ELEMEN	ELEMEN TEL ÇAPI	SÜREKLİ ÇALIŞMA SICAKLIĞI	MAXİMUM ÇALIŞMA SICAKLIĞI
Cu-Konst	0.5 mm	300°C	600°C
Cu-Konst	1 mm	300°C	600°C
Fe-Konst	0.5 mm	400°C	600°C
Fe-Konst	1 mm	600°C	800°C
Fe-Konst	1.5 mm	600°C	800°C
Fe-Konst	2 mm	700°C	900°C
Fe-Konst	3 mm	700°C	900°C
NiCr-Ni	0.5 mm	600°C	800°C
NiCr-Ni	1 mm	800°C	1000°C
NiCr-Ni	1,5 mm	900°C	1100°C
NiCr-Ni	2 mm	1000°C	1200°C
NiCr-Ni	3 mm	1000°C	1200°C
PtRh-Pt	0.35 mm	1300°C	1600°C
PtRh-Pt	0.5 mm	1300°C	1600°C

KORUYUCU KILIFLAR

Termokupl koruyucu kılıfları proses şartlarına uygun seçilmelidir. Gerek termokupl eleman telinin gerekse de koruyucu kılıfın proses içindeki kimyasal ve fiziksel aşınmalara ve mekanik darbelerle karşı dayanıklı olması ve uzun ömürlü olması açısından ortam koşullarına göre dış koruyucu kılıf seçilir. Uçları kaynaklı ve izolatörlü eleman teli bu kılıflar içine yerleştirilir.

Termokupl uygulamalarında genelde 1200°C'ye kadar metal, 1200°C'nin üzerinde ise seramik kılıflar kullanılır. 1250°C'ye kadar özel alaşımlı metal koruyucu kılıflarda kullanılabilir.

1-) METAL KILIFLAR

Metal kılıflar kullanılacağı prosesin korozif şartlarına, mekanik aşınmalarına, kimyasal ve fiziksel aşındırıcı özelliklerine ve göre çeşitli alaşımlarda üretilmektedir. DIN standartlarındaki metal kılıfların bir çoğu ortak proseslerde kullanılabilir.

Termokupl uygulamalarında en çok kullanılan metal kılıflardan bazıları şunlardır;

- 1.4301 DIN Paslanmaz (304 Kalite)
- 1.4541 DIN Paslanmaz (321 Kalite)
- 1.4571 DIN Paslanmaz (316 Kalite)
- 1.4749 DIN Paslanmaz (446 Kalite)
- 1.4841 DIN Paslanmaz (314 Kalite)
- 2.4816 DIN Paslanmaz (INCONEL-600)
- C-2 Saf demir
- Alloy-25

Metal koruyucu kılıflar proses şartlarına göre çok dikkatli seçilmelidir. Çünkü bu seçim direk olarak termokupl ömrünü etkilemektedir. 1.4301 veya 1.4571 kullanılması gereken bir proseste 1.4749 veya 1.4841 kullanılır ise ekonomik olmayan pahalı bir seçim yapılmış demektir. Çünkü 1.4749, 1.4841 ve INCONEL-600 yüksek sıcaklık borulardır. Ayrıca 1.4749 veya 1.4841 kullanılması gereken bir proseste INCONEL-600 kullanılır ise yine ekonomik olmayan pahalı bir seçim yapılmış demektir. Inconel-600, 1.4749 ve 1.4841'e nazaran daha pahalı bir borudur. Ancak INCONEL-600 kullanılması gereken bir proseste 1.4749 veya 1.4841 kullanılır ise bu seçimde yanlış ve ekonomik olmayan bir seçim olur. Çünkü INCONEL-600 çok daha uzun ömürlü olacağı proseste 1.4749 ve 1.4841 çok çabuk bozulabilir. Yüksek sıcaklık boruları dikişli ve dikişsiz olabilir. Dikişli boru dikişsiz boruya göre daha ucuz bir borudur. Dikişli borunun içine prosesdeki gazların sızması daha kolay olur. Bu nedenle KER-610 seramik tüp iç koruyucu (primer) olarak kullanılır. Önerimiz metal koruyucu kılıflarda dikişsiz borunun tercih edilmesidir.

Metal koruyucu kılıfların detay bilgilerini içeren tablo ve çalışabilecekleri proses ayırmalarını gösteren tablo genel bilgiler bölümünde verilmiştir.

METAL KILIF CİNSİ	DIN	AISI
1.4301	X 5 CrNi 18 10	304
1.4541	X 6 CrNiTi 18 11	321
1.4571	X 6 CrNiMoTi 17 12 2	316 Ti
1.4749	x18 CrN 28	446-1
1.4841	X 15 CrNiSi 25 20	314
Inconel-600	2.4816	B 166

METAL KORUYUCU KILIFLARIN DIN VE AISI STANDART KODLARI

METAL KORUYUCU KILIFLARIN DIN STANDARTLARINDA ÇALIŞMA SICAKLIKLARI VE BİLEŞİM ORANLARI

METAL KILIF CİNSİ	SÜREKLİ ÇAL. SIC.	MAXİMUM ÇAL. SIC.	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni	Diğerleri
1.4301	900°C	1000°C	≤0,07	1,0	2,00	0,045	0,030	17,0-20,0	-	8,5-10,5	Al 1,20-1,70
1.4541	900°C	1000°C	≤0,1	1,0	2,00	0,045	0,030	17,0-19,0	-	9,0-11,5	Ti ≥ 5x%C
1.4571	900°C	1000°C	≤0,1	1,0	2,00	0,045	0,030	16,5-18,5	2,00-2,50	10,5-13,5	Ti ≥ 5x%C
1.4749	1100°C	1200°C	0,15-20	≤1,0	≤1,0	0,045	0,030	26,0-29,0	-	-	N 0,15-0,25
1.4841	1000°C	1150°C	0,20	1,50-2,50	2,00	0,045	0,030	24,0-26,0	-	19,0-21,0	-
Inconel-600	1180°C	1250°C	0,05	-	-	-	-	15,5	-	75	Fe 8,0
C-2	950°C	1000°C	0,03	-	0,030	0,01	-	-	-	-	-

2-) SERAMİK KILIFLAR

Termokuplların kullanılacağı proses sıcaklığı 1200°C ve üzeri ise dış koruyucu kılıf olarak genelde seramik tüpler kullanılır.

Termokupl uygulamalarında en çok kullanılan seramik kılıflar şunlardır;

- KER-530
- KER-610
- KER-799

KER-530 : Gözenekli (poroz) yapıya sahiptir. Bu yapısından dolayı termal şoklara daha dayanıklıdır. Gazların yoğun proseslerde gaz sızma olasılığına karşı iç koyuculu (Primerli) olarak imal edilir. Termokupl uygulamasında standart üretimlerimizde KER-610 iç koruyucu seramikli olarak üretilir. KER-610 ve KER-799'a göre daha ucuzdur. Termal şok olan proseslerde yoğun olarak kullanılır. Maksimum çalışma sıcaklığı 1600°C'dir.

KER-610 : Özel yapıya sahip bir seramik tüpdür. Gözeneksiz yapıya sahiptir. Bu nedenle gaz geçirmez bir özelliğine sahiptir. Termokupl uygulamalarında dış koruyucu olarak kullanıldığı gibi yoğun olarak iç koruyucu olarak da kullanılır. Maksimum çalışma sıcaklığı 1500°C'dir.

KER-799 : %99,97 oranında saf alümina içerdiğinden dolayı diğer seramiklerden çok kalitelidir. Seramik hücre yapısı çok sık olmasından dolayı mükemmel bir gaz geçirmez özelliğine sahiptir. Termal şoklara daha dayanıklıdır. Maksimum çalışma sıcaklığı 1800°C'dir.