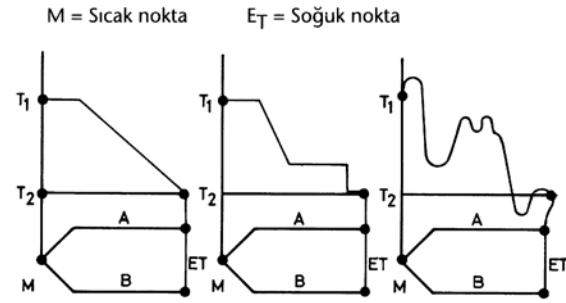


TERMOKUPLLAR İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

■ TERMOKUPL NEDİR?

Sıcaklık ölçümleri giderek artan oranda önemli bir konu haline gelmiştir. Sıcaklık tamamen fizik ile ilgili temel bir konudur. Çok çeşitli fiziksel özellikleri etkileyen bir parametre olması nedeniyle ölçülmesi gereken önemli bir değişkendir. Sıcaklık ölçümü için çok çeşitli yöntemler vardır. Bunlar içinde elektronik dünyanın en çok kullandığı sensörlerden birisi termokupldur. Termokuplarla -200°C'den +2320°C'ye kadar ölçüm yapılabilir.

Termokupl iki farklı alaşımın ucunun kaynaklanması ile oluşturan basit bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Kaynak noktası sıcak nokta, diğer açık iki uç soğuk nokta (veya referans noktası) olarak anılır. Termokupl olayı sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkından doğar. Bu sıcaklık farkına orantılı, soğuk nokta uçlarında mV mertebesinde gerilim üretilir. Termokuplun sıcak noktası ve soğuk noktası arasındaki sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim, sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkına oranlıdır. Lütfen Şekil 1'i inceleyiniz.



Şekil 1: Termokupluda sıcak ve soğuk nokta sıcaklığı önemlidir.

Dolayısı ile soğuk noktanın sıcaklığı önemlidir. Sıcak nokta aynı kalmak kaydı ile soğuk nokta sıcaklığı değiştiği takdirde farklı sıcaklıklar okunacaktır. Bu nedenle termokupl mV tablolarındaki değerlerde standardizasyon sağlamak için ölçülen sıcaklık karşılığı mV değerleri soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmişlerdir. Örneğin 400°C'ye karşılık gelen mV değeri termokuplun sıcak noktası 400°C'de, soğuk nokta 0°C'de iken uç noktada ölçülen mV değeridir.

Termokupllar (ısı çifti) endüstride sıcaklık ölçümlerinde çok geniş uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Termokupl aslında iki farklı metal veya alaşım tel olmasına rağmen genelde prosese çıplak olarak daldırılmazlar. Çeşitli mekanik darbeler, fiziksel ve kimyasal aşındırıcı özellikler göz önüne alınarak belli özel koruyucu kılıflar içinde kullanılırlar. İki farklı eleman teli farklı kutuplarda oldukları için birbirlerinden izolatör yardımıyla izole edilirler. İzolatörlerin seçiminde yine ortam şartlarının, sıcaklık limitlerinin önemi büyüktür. Gerek eleman tellerinin gerekse koruyucu tüplerin cinsleri termokuplların ömürlerine direkt etki etmektedir.

■ TERMOKUPL ELEMAN TELİ CİNSLERİ

-200°C'den 2320°C'ye kadar çeşitli sıcaklık aralıklarında en çok kullanılan DIN 43710 ve IEC 60584 standart termokupl eleman teli çeşitleri şöyledir:

1) Cu-Const (CuNi)	Bakır-Konstantan
2) Fe-Const (CuNi)	Demir-Konstantan
3) Cr-Al	Kromel-Alümel
4) NiCr-Ni	Nikelkrom-Nikel
5) Nikrosil-Nisil	Nikelkrom Silikon-Nikelsilyum magnezyum
6) Pt%10Rh-Pt	Platin Rodyum-Platin (%10)
7) Pt%13Rh-Pt	Platin Rodyum-Platin (%13)
8) Pt%18Rh-Pt	Platin Rodyum-Platin (%18)
9) Tn-Tn%26Re	Tungsten-Tungsten %26 Renyum

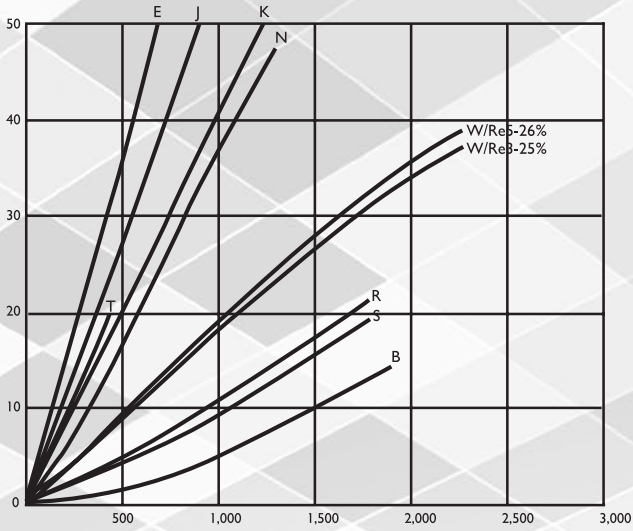
Bu termokuplların sıcaklık limitlerini ve standart kodlarını sıralayacak olursak,

DIN 43710	DIN 43710 IEC 60584	SICAKLIK ARALIĞI
1) Cu-Const	T	-200 ... 300 °C
2) Fe-Const	J	-200 ... 800 °C
3) Cr-Al	K	-200 ... 1200 °C
4) NiCr-Ni	K	-200 ... 1200 °C
5) Cr-Const	E	-200 ... 1200 °C
6) Nikrosil-Nisil	N	0 ... 1200 °C
7) Pt%10Rh-Pt	S	0 ... 1500 °C
8) Pt%13Rh-Pt	R	0 ... 1600 °C
9) Pt%18Rh-Pt	B	0 ... 1800 °C
10) Tn-Tn%26Re	W	0 ... 2000 °C

TABLO 1: Çeşitli termokupllar ve sıcaklık limitleri

(Yeni standartlar ile ilgili olarak mV değerleri kısmına bakınız.)

Bu eleman tellerinin sıcaklık-mV eğrilerini inceleyecek olursak doğrusal olmadıklarını görürüz. Termokupl sıcaklık-mV eğrileri incelendiğinde herbirinin sıcaklık ölçümü açısından diğerine nazaran daha uygun olduğu bölgeler vardır. Örneğin 0-800°C sıcaklık ölçümü yapabilen Fe-Const ile 0-1200°C'ye kadar ölçüm yapabilen NiCr-Ni eleman tellerinin mV eğrisi karşılaştırıldığında 300-600°C arasında Fe-Const, NiCr-Ni'e nazaran daha doğrusaldır. Bu nedenle bu aralıkta Fe-Const ile çalışma tercih edilir. Yine aynı yaklaşımla PtRh-Pt termokupllar için 800-1600°C arası uygun bir çalışma bölgesidir. 800°C'nin altında doğrusallık çok bozuktur.



Şekil 2: Termokupl sıcaklık-mV eğrileri

Termokupl eleman tellerinde ilk yazılan bacak (+) referanslıdır. Yani diğer bacağına nazaran (+) yüküldür. Diğer bacak (-) değerdedir. Bu yüzden termokupl cihaza (+) ve (-) uçları dikkate alınarak bağlanmalıdır. Dünya standartlarında termokupl uçları belli renk kodları ile kodlanmıştır. DIN standartlarında (+) bacaklar kırmızı, negatif bacaklar termokupulların cinsine göre değişmektedir. IEC standartlarında (-) bacaklar beyaz, pozitif bacaklar termokupulların cinsine göre değişmektedir.

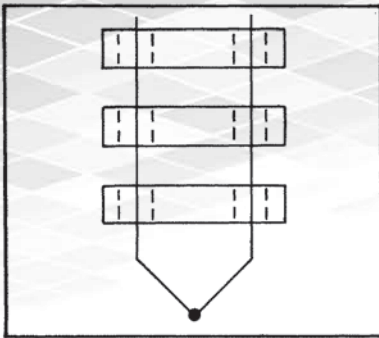
+	RENK		-	RENK	
	DIN 43710	IEC60584		DIN 43710	IEC60584
Cu	Kırmızı	Kahve	Const	Kahve	Beyaz
Fe	Kırmızı	Siyah	Const	Mavi	Beyaz
NiCr	Kırmızı	Yeşil	Ni	Yeşil	Beyaz
PtRh	Kırmızı	Portakal	Pt	Beyaz	Beyaz

TABLO II: DIN ve IEC standardı termokupl renk kodları

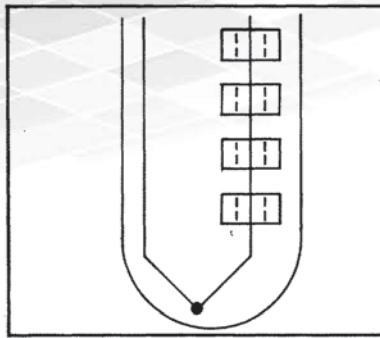
■ ELEMAN TELLERİNİN İZOLE EDİLMESİ

Termokupl ucu kaynaklandıktan sonra koruyucu tüp içine yerleştirilsin yerleştirilmesin (+) ve (-) bacaklar bir birinden izole edilirler. İzolasyon için seramik izolatörler kullanılır. Bu izolatörlerde, sıcaklık limitlerine ve ortam şartlarına göre seçilirler. Genellikle DIN standardında KER 610 olarak bilinen özel porselen izolatörler çok yaygınca kullanılmaktadır.

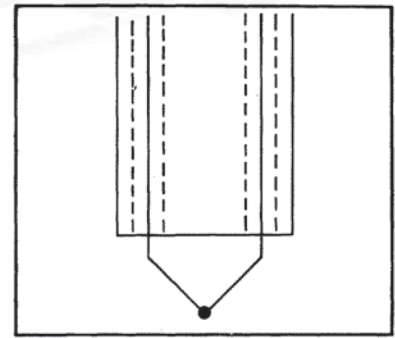
1400-1500°C'nin üzerinde veya özel ortam şartlarında KER 799 olarak bilinen saf alümina izolatörlerde kullanılır. 1200°C'nin altındaki sıcaklıklarda Cu-Const, Fe-Const, NiCr-Ni gibi eleman telleri genel olarak tek parça olmayan parçalı izolatörlerle, PtRh-Pt termokupullar tek parça izolatörle izole edilir. Şekil 3'te izolatör tipleri görülmektedir.



Çift delikli tek tek izolatör iki bacak izole edilmiş



Tek delikli izolatör, Tek bacak izole seramik kılıf içinde



Yekpare tek izolatör ince telli termokupullar için (PtRh-Pt)

Şekil 3: Termokupulların çeşitli izolasyon tipleri

ELEMAN TELLERİNİN SICAKLIK LİMİTİ

Termokupl eleman tellerinin dayanabileceği sıcaklık limitleri eleman teli çapına bağlıdır. Çap kalınlaştıkça çıkabileceği max. sıcaklık arttığı gibi, kalın çaplı tel inceye nazaran daha uzun ömürlü olabilecektir.

Termokuplarda kullanılan tellerin çapları seçilirken şüphesiz kullanılan boru çapları da göz önüne alınır. Ayrıca tablodan

izleneceği üzere Cu-Const, Fe-Const, NiCr-Ni gibi eleman telleri 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, 3 mm gibi çaplarda üretilirken PtRh-Pt eleman telleri en kalın 0.5 mm çapta olabilmekte, yaygın kullanılan çap 0.35 mm olmaktadır.

ELEMAN CİNSİ	SÜREKLİ °C	MAX °C	TEL ÇAPI	ELEMAN CİNSİ	SÜREKLİ °C	MAX °C	TEL ÇAPI
Cu-Const T	300	600	0.2 mm	NiCr-Ni K, E Nikrosil-Nisil N	600	800	0.5 mm
	300	600	0.5 mm		800	1000	1 mm
	300	600	1 mm		900	1100	1.38 mm
Fe-Const J, L	400	600	0.5 mm		900	1100	1.5 mm
	600	800	1 mm		1000	1200	2 mm
	600	800	1.5 mm		1000	1200	2.5 mm
	700	900	2 mm	1000	1200	3 mm	
	700	900	2.5 mm	PtRh-Pt S, R, B	1300	1600	0.35 mm
700	900	3 mm	1300		1600	0.5 mm	
			1300		1700	0.8 mm	

TABLO III : Termokupl eleman çaplarına göre sıcaklık limitleri

KORUYUCU KILIFLAR

Termokupl uygulamalarında dış koruyucu kılıfların önemi büyüktür. Eleman tellerinin proses içinde mekanik darbeler, kimyasal veya fiziksel aşınmalara karşı belli bir ömre sahip, dayanıklı olmaları için ortam şartlarına göre çeşitli kılıflar kullanılır. Termokupl eleman telleri uçları kaynaklı ve izolatörlü bu kılıflar içine monte edilir.

Genel olarak 1200°C'ye kadar metal, 1200°C'nin üzerinde seramik koruyucu kılıflar kullanılır. Bazı özel uygulamalarda 1200°C'nin altında seramik kılıflar kullanıldığı gibi 1200°C'nin biraz üstüne kadar olan uygulamalarda da özel alaşimli metal kılıflar kullanılabilir.

a) Metal Kılıflar

Metal koruyucular, kullanılacağı ortamın kimyasal aşınmalarına, mekanik darbelerine ve korozif gazlarına karşı çok çeşitli alaşımlarda üretilmektedir. Koruyucu kılıf seçiminde yukarıda sayılan özelliklerin yanı sıra sıcaklık limitleri çok önemli bir faktördür. Bu faktörler göz önüne alınarak çalışacağı ortama en uygun koruyucu kılıf seçilir. DIN standartlarında birçok proses için ortak olarak kullanılan metal kılıfların alaşım oranları aşağıda verilmiştir. Bu kodlar ve kimyasal analizler, DIN standartlarından alınmıştır.

METAL KILIF CİNSİ	C %	Si % ≤	Mn % ≤	P % ≤	S % ≤	Cr %	Mo %	Ni %	DİĞERLERİ
St. 35,8	≤0,17	0,10-0,35	0,40-0,80	0,040	0,040	-	-	-	-
1,4541	≤0,10	1,0	2,0	0,045	0,030	17,0-19,0	-	9,0-11,5	Ti ≥ 5 x % C
1,4571	≤0,10	1,0	2,0	0,045	0,030	16,5-18,5	2,00-2,50	10,5-13,5	Ti ≥ 5 x % C
304	0,05 max	1,0	2,0	0,045	0,030	18,50	-	9,50	-
316	0,05 max	1,0	2,0	0,045	0,030	17,00	2,70	12,50	-
1,4301	≤0,07	1,0	2,0	0,045	0,030	17,0-20,0	-	8,5-10,5	-
1,4762	≤0,12	0,70-1,40	≤1,00	0,040	0,030	23,0-26,0	-	-	Al 1,20-1,70
1,4841	≤0,20	1,50-2,50	≤2,00	0,045	0,030	24,0-26,0	-	19,0-21,0	-
İnconel 600	0,05	-	-	-	-	15,5	-	75	Fe 8,0
1.1003	≤0,03	-	≤0,030	0,010	-	-	-	-	-

TABLO IV: Metal koruyucu kılıfların DIN standartlarına göre birleşim oranları

Tablodaki koruyucu metal kılıfları, ortamda bulunan gazlar açısından inceleyecek olursak TABLO V

	Kükürtlü Ortam		Azot Gazı İhtiva Eden Ortamlar	Karbon Gazı İhtiva Eden Ortamlar	Pasa Karşı Dayanıklılık	Sıcaklık Limiti
	İndirgen	Yükseltgen				
1,4762	yüksek	çok yüksek	düşük	orta (900 °C üzerinde)		1200
1,4841	çok düşük	orta	yüksek	düşük (900 °C üzerinde)		1150
Inconel	çok düşük	düşük	yüksek	çok düşük	çok yüksek	1250
St. 35.8	düşük	düşük	orta	—	—	550

TABLO V: Metal koruyucu kılıfların gazlara karşı dayanıklılığı.

Termokupl uygulamalarında en çok kullanılan metal kılıflar Tablo V'tekiler olmasına rağmen DIN standardında olup çeşitli proseslerde uygulama alanı olan metal koruyuculara aşağıda örnekler sunulmuştur. Aşım oranları DIN standartlarından bulunabilir.

1.1003 (C)
Saf Demir
1.4301 (304 kalite)
1.4541
1.4571 (316 kalite)

Koruyucu kılıflar ortam şartlarına bağlı olarak büyük özen gösterilerek seçilmelidir. Doğru seçim direkt termokupl ömrünü etkilemektedir. Dış görünüşü ile metal olan bir koruyucu kılıf, aşım oranlarına bağlı olarak proses içinde değişik ömre sahip olacaktır. St. 35.8 ucuz bir koruyucu kılıftır. 700°C'ye kadar çeşitli tavlama işlemlerinde kullanılabilir. 1.4841, 1.4762 yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır, daha pahalı özel alaşımlı borulardır. St. 35.8'in kullanılabildiği yerde 1.4841, 1.4762 kullanılması lüktür. Ancak 1.4841, 1.4762'nin kullanılması gereken yerde St. 35.8'in kullanılması ekonomiktir uzak olacaktır, yanlış seçimdir. Inconel diğer tüm metal kılıflara nazaran daha pahalıdır. 1150-1200°C'nin biraz üzerine çıkma ihtimali olan, ancak metal kullanılması gereken yerlerde inconel pahalıdır, fakat diğerlerinden uzun ömürlüdür. İnconelin kesin gerektiği yerde pahalı diye ucuz kılıfları seçmek aslında daha pahalı bir çözümdür. TABLO IV'den yararlanarak koruyucu kılıfların aşım oranlarından giderek yorum yapılırsa 1.4841 sert NiCr-Ni alaşımlı borudur. İnconel daha sert ve 1.4841'e nazaran pahalı bir borudur. İnconel'de Ni oranı %75, 1.4841'de %19-21 Ni vardır. İnconele nazaran daha ucuz olan 1.4841 performansı ile inconelin performansı kullanıcı tarafından denenecek saptanabilir. TABLO V'e göre kükürt gazlarının yoğun olduğu bölgelerde 1.4762, diğerlerine nazaran daha iyi cevap vermektedir. TABLO IV'de dikkat edilirse 1.4841 ve inconel içinde Ni olması 1.4762'de ise hiç Ni olmaması kükürtlü ortamlarda 1.4762'yi daha şanslı kılmaktadır. Fakat 1.4762'de Ni olmadığı için bu termokupl mekanik aşınmaya diğerleri kadar dayanıklı değildir. Dolayısı ile kullanıcı bir kaç noktayı göz önüne alarak seçim yapmalıdır. Diğer bir nokta metal borunun dikişli veya dikişsiz olmasıdır. Çeşitli gazların yoğun olduğu yerlerde gazlar dikişli boruların içine sızabilir, bu durumda eleman telinin ömrü kısalmaktadır. KER 610 gaz geçirmez olarak

dikişsiz boruların içinde de kullanılır, ancak dikişli borunun içine gaz geçirmesi ihtimali daha yüksektir. Gazlardan dolayı eleman telinin ömrü kısalmaktadır ise dikişli veya dikişsiz boru kullanılsa da içine KER 610 gaz geçirmez tüp yerleştirmekte yarar vardır.

b) Seramik Tüpler

Termokupl uygulamalarında genellikle 1200°C'nin üzerine çıktığı uygulamalarda seramik tüpler kullanılır. Bu konuda en fazla kullanılan DIN standardı seramik kılıflar; KER 530 (Poroz seramik)
KER 610 (Özel porselen)
KER 799 (Saf alümina) dir.

KER 530 = Poroz özelliğindedir yani gözenekli yapıdadır. Ani sıcaklık değişimlerinde hücre bağları arasında boşluk olduğu için genleşmeye müsaittir. Yani termal şoklara son derece iyi dayanıklıdır. Gazlardan etkilenme ihtimali olan uygulamalarda poroz seramik içinde gaz geçirmez tüp kullanılır. 1600°C'ye kadar olan ve termal şok ihtimali olan uygulamalarda tercih edilir. KER 610 ve KER 799'a nazaran ucuzdur.

KER 610 = Özel porselen olarak bilinmektedir. Hücre yapısı gözeneksizdir. Bu nedenle gaz geçirmez özelliğe sahiptir. 1500°C'ye kadar kullanılabilir. Tek başına seramik tüplü PtRh-Pt termokupl olarak kullanılabildiği gibi metal kılıflar içerisinde gaz geçirmez tüp olarak da geniş bir kullanım alanı vardır.

Örneğin tuz banyoları ve tav ocakları uygulamalarında uygun seçilen dış metal koruyucu kılıf içine yerleştirilen KER 610 seramik kılıf, eleman telinin ömrünü uzatmaktadır. Dolayısı ile termokuplun komple ömrü "gaz geçirmez" tüpsüz olana nazaran daha uzundur. Termal şoklara orta derecede dayanıklıdır.

KER 799 = Seramik tüpler içinde en kaliteli seramik yapıya sahip olanıdır. % 99.97 oranında saf alümina ihtiva eder. Sıcaklık limiti olarak diğer tüplere nazaran daha yüksek sıcaklıklara dayanabilir. 1800°C'ye kadar olan termokupl uygulamalarında KER 799 saf alümina tüpler kullanılır. Seramik bağları çok sıktır. Bu nedenle çok iyi gaz geçirmezlik özelliği de vardır. Seramik tüpler içinde en üst düzeyde kaliteli olmasının yanı sıra diğerlerine göre çok daha pahalıdır. Dayanıklılık - sıcaklık - gaz geçirmezlik - termal şoklar açısından en üst düzeyde bir tüptür. Geniş kullanım alanları vardır.

KORUYUCU KILIF SEÇİMİ

Termokupl dış koruyucu kılıf, tamamen ortam şartlarına, prosesin durumuna göre seçilmelidir. Çalışma şartları koruyucu kılıf seçiminde çok önemli bir faktördür. Termokuplun ömrü, doğru veya yanlış koruyucu kılıf seçimine bağlı olarak artacak veya azalacaktır.

Aşağıdaki Tablo VI çeşitli proseslerde ortam şartlarına göre en iyi cevabı veren termokupl koruyucu kılıflarını sınıflandırmaktadır.

	Uygulama	Sıcaklık	Malzeme	Elimko Kodu	
TAVLAMA (Heat Treating)	Yumuşama (Annealing)	700°C'ye kadar	St 35.8 1.4571	D K	
		700°C'nin üzerinde	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S Inconel	L N I	
	Karbonlama (Carburizing)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S Inconel	L N I	
		1200°C'nin üzerinde	KER 530 KER 610 KER 799	X Y Z	
	Nitratlama (Nitriding)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N	
	Sertleştirme (Hardening)	700°C'ye kadar	St 35.8	D	
		1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N	
		1200°C'nin üzerinde	KER 530 KER 610 KER 799	X Y Z	
	TUZ BANYOSU (Salt Baths)	Siyanür C (Carburizing-Cyanide)	950°C'ye kadar	1.1003 Inconel	C I
		Klorür (Chloride)	1260°C'ye kadar	1.1003 Alloy-25	C A
Hızlı Tuzlar (High Speed)			KER 610 KER 799	Y Z	
Nötr C (Neutral)			1.1003 1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S Inconel	C L N I	
DEMİR VE ÇELİK (Iron&Steel Industry)	Oksijen Ocakları (Basic Oxygen Furnaces)	1600°C'ye kadar	Quartz	Q	
	Yüksek Fırın (Blast Furnaces)				
	a) Alt Çıkış (Down Comer)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N	
		1250°C'ye kadar	Inconel	I	
		1200°C'nin üzerinde	KER 610 KER 799 Silicon-Carbide Sialon	Y Z S R	
	b) Ocak Üstü (Stove-Dome)	1200°C'ye kadar	Inconel 1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	I L N	
		1200°C'nin üzerinde	KER 610 KER 799 Silicon-Carbide Sialon	Y Z S R	

c) <u>Sıcak Gövde</u> (Hot Blast Main)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N
	1200°C'nin üzerinde	KER 610 KER 799 Silicon-Carbide Sialon	Y Z S R
d) <u>Cehennemlik</u> (Stove Trunk)	1250°C'ye kadar	Inconel	I
e) <u>Cehennemlik Çıkışı</u> (Stove Outlet Flue)	600°C'ye kadar	St. 35.8	D
	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N
f) <u>Baca Gazı</u> (Flues and Stack)	600°C'ye kadar	St. 35.8	D
	600°C'nin üzerinde	Inconel 1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	I L N
g) <u>Dövme</u> (Forging)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N
	1250°C'ye kadar	Inconel	I
	1500°C'nin üzerinde	KER 610 KER 799 Silicon-Carbide Sialon	Y Z S R
	1600°C'ye kadar	KER 530 KER 799	X Z
h) <u>Durdurucu</u> (Checkers)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N
i) <u>Baca Gazı Boyler</u> (Waste Heat Boiler)	1250°C'ye kadar	Inconel Metal Seramik	I -
	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N
	1200°C'nin üzerinde	KER 610 KER 799 Silicon-Carbide Sialon	Y Z S R
j) <u>Kaynak</u> (Heating Butt Welding) (Slab-Heating)	1200°C'nin üzerinde	KER 610 Silicon-Carbide Sialon	Y S R
	1250°C'ye kadar	Inconel	I
<u>Sürekli Fırın Bölmelerinde</u> (Continuous Furnace Sections)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S Inconel	L N I
	1200°C'nin üzerinde	KER 530 KER 610 KER 799	X Y Z
<u>Şekillendirme</u> (Forming)	1500°C'ye kadar	Silicon-Carbide KER 610	S Y
	1600°C'ye kadar	KER 530 KER 799	X Z
<u>Isıtma Potalarında</u> (Soaking Pits)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S Inconel	L N I
	1200°C'nin üzerinde	Silicon-Carbide Sialon KER 530 KER 610 KER 799	S R X Y Z

A METALLER (Non-Ferrous Metals)	<u>Vakumlu Eritme</u> (Vacuum Melting)	1600°C'ye kadar	KER 799	Z
	<u>İndüksiyonla Eritme</u> (Induction Melting)	2000°C'ye kadar	Berilyum Oksit	-
	<u>Alüminyum</u> (Aluminum)	700°C'nin üzerinde	Silicon-Carbide	S
			Sialon	R
			Grafit	-
	a) <u>Eritme</u> (Melting)	700°C'ye kadar	Pik Döküm	-
	b) <u>Tavlama</u> (Heat Treating Annealing)	600°C'ye kadar	St 35.8	D
		800°C'ye kadar	1.4571	K
	c) <u>Kütük Isıtma</u> (Billet Heating)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L
			1.4841 / 1.4845 / 310S	N
		1250°C'ye kadar	Inconel	I
	<u>Pirinç-Bronz</u> (Brass-Bronze)	1250°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L
		1250°C'nin üzerinde	Silicon-Carbide	S
			Sialon	R
			Grafit	-
			Daldırma T/C	-
	<u>Bakır (Ergimiş)</u> (Copper) (Molten)	1250°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L
		1250°C'ye kadar ve üzerinde	Silicon-Carbide	S
			Sialon	R
			Grafit	-
		Daldırma T/C	-	
<u>Kurşun</u> (Lead)	300°C'ye kadar	1.4571	K	
	300°C'nin üzerinde	1.4762 / 1.4749 / 446	L	
		Silicon-Carbide	S	
		Sialon	R	
		Inconel	I	
<u>Magnezyum</u> (Magnesium)	700°C'ye kadar	1.1003	C	
		Pik Döküm	-	
		Karbon Çeliği	-	
<u>Teneke, Çinko ve Galvaniz</u> (Tin)	650°C'ye kadar	1.1003	C	
	650°C'nin üzerinde	Silicon-Carbide	S	
		Sialon	R	
<u>Eritme ve Maden Tavlama</u> (Smelting and Ore Roasters)	1250°C'ye kadar	Inconel	I	
	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L	
	1200°C'nin üzerinde	KER 530	X	
		KER 610	Y	
		KER 799	Z	
		Silicon-Carbide	S	
		Sialon	R	
<u>Yatak Malzemesi</u> (Babbit)	1250°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L	
	1250°C'nin üzerinde	Silicon-Carbide	S	
		Sialon	R	
		Karbon Çeliği	-	
		Grafit	-	
<u>Baca Gazlarında</u> (Exit Flues)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L	
		1.4841 / 1.4845 / 310S	N	
	1200°C'nin üzerinde	Inconel	I	
		Silicon-Carbide	S	
		Sialon	R	
<u>Fırın ve Cehennemliklerde</u> (Kilns (Clinkerend) and Heating Zones)	1250°C'ye kadar	Inconel	I	

SERAMİK (Ceramics)	Pişirme (Kins)	1500°C'ye kadar	KER 610 Silicon-Carbide Sialon	Y S R	
		1600°C'ye kadar	KER 530 KER 799	X Z	
	Kurutucular (Dryers)	600°C'ye kadar	St. 35.8	D	
		800°C'ye kadar	1.4571	K	
		800°C'nin üzerinde	Silicon-Carbide Sialon	S R	
	Sırlama (Vitreous Enameling)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L	
		1250°C'ye kadar	Inconel	I	
		1200°C'nin üzerinde	Silicon-Carbide Sialon KER 530 KER 610 KER 799	S R X Y Z	
	KİMYA (Chemistry)	Genel olarak paslanmaz çelik koruyucu borular birçok tatbikat için yeterlidir.	800°C'ye kadar	1.4571	K
	CAM SANAYİ (Glass Industry)	Eritme ve Besleyiciler (Fare Hearts and Feeders)	1600°C'ye kadar	KER 799 (Saf alumina)	Z
Cam Tavlama (Lehrs)		600°C'ye kadar	St 35.8	D	
		800°C'ye kadar	1.4571	K	
Ocak Üstü (Open Hearth Roof)		1600°C'ye kadar	KER 530	X	
			KER 610	Y	
			KER 799 Metalik Seramik	Z Z	
Tanklar (Tanks)		1600°C'ye kadar	KER 799 KER 530 KER 610	Z X Y	
Tank Gazları ve Tank Ayırıcıları (Tank Flues and Checkers)	600°C'ye kadar	St 35.8	D		
	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S Inconel	L N I		
KAĞIT (Papers)		800°C'ye kadar	1.4571	K	
		1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N	
PETROL SANAYİ (Petroleum Industry)	Köprü Duvarı (Bridge Wall)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L	
		1250°C'ye kadar	Inconel	I	
	Dewaxing	800°C'ye kadar	1.4571	K	
		1200°C'ye kadar	Karbon Çeliği	-	
	Kuleler (Towers)	800°C'ye kadar	1.4571 Karbon Çeliği	K -	
	Transfer Hatları (Transfer Lines)	800°C'ye kadar	1.4571 Karbon Çeliği	K -	
	Fonksiyon Kolonları (Fractionating Column)	800°C'ye kadar	1.4571 Karbon Çeliği	K -	
	Reaksiyon Tankları (Reaction Chambers)	800°C'ye kadar	1.4571 Karbon Çeliği	K -	
Kükürt Yakıcı (Sulphur Burnes)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 Metalik Seramik	L -		

SANTRALLAR (Power Plants)	<u>Kömür Hava Karışımı</u> (Coal-Air Mixtures)	800°C'ye kadar	1.4571	K
		1000°C'ye kadar	1.4841 / 1.4845 / 310S	N
	<u>Baca Gazı</u> (Flue Gases)	600°C'ye kadar	St 35.8	D
		1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N
	<u>Ön Isıtıcılar</u> (Pre-heaters)	600°C'ye kadar	St 35.8	D
		1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N
	<u>Buhar Hattı</u> (Steam Lines)	800°C'ye kadar	1.4571	K
		100°C'ye kadar	1.4841 / 1.4845 / 310S	N
	<u>Su Hattı</u> (Water Lines)	600°C'ye kadar	St 35.8	D
			1.1003	C
<u>Boylar Tüplerinde</u> (Boiler Tubes)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L	
		1.4841 / 1.4845 / 310S	N	
GAZ JENERATÖRLERİ (Gas Producers)	<u>Generatör Gazı</u> (Producer Gas)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L
			1.4841 / 1.4845 / 310S	N
	<u>Su Gazı</u> (Water Gas)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446	L
			1.4841 / 1.4845 / 310S	N
	<u>Karbüratör</u> (Carburetor)	1200°C'ye kadar	Inconel	I
			1.4762 / 1.4749 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N
	<u>Super Heater</u>	1250°C'ye kadar	Inconel	I
			1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S	L N
	<u>Katran</u> (Jar Stills)	1250°C'ye kadar	Inconel	I
			Karbon Çeliği	-
KÜL OCAKLARI (Incinerators)	1200°C'ye kadar	1.4762 / 1.4749 / 446 1.4841 / 1.4845 / 310S Inconel	L N I	
		1200°C'nin üzerinde	KER 530 KER 610 KER 799 Silicon-Carbide Sialon	X Y Z S R
YİYECEK (Food)	<u>Ekmek-Pasta Fırınları</u> (Baking Ovens)	600°C'ye kadar	St 35.8	D
		800°C'ye kadar	1.4571	K
	<u>Şeker</u> (Char Kilns-Sugar)	600°C'ye kadar	St 35.8	D
		800°C'ye kadar	1.4571	K
	<u>Meyve-Sebze Pişirme</u> (Cooking Fruits and Vegetables)	800°C'ye kadar	1.4571	K
<u>Süt</u> (Milk)	800°C'ye kadar	1.4571	K	

Önceki tablo, uygulamalara göre koruyucu kılıf seçimini sıralamaktadır. Bu bölümde ise koruyucu borular DIN standartlarına göre sıralanmakta, karşlarına kullanılabilceği uygulamalar yazılmaktadır.

Malzeme Cinsi	Standartlar		Çalışma Sıcaklığı	Elimko Kodu	Açıklama
	DIN	AISI / SAE			
Demir Döküm		Demir Döküm	650-800°C		Alüminyum eriyiklerinde kullanılır.
1.0305	St 35.8		500°C	D	Korozif olmayan sıvı ve gazlar, ısıl işlem fırınlarında tercih edilir.
1.4841	X15Cr-NiSi 2520	310/314	1150°C	N	Yüksek sıcaklıkta kimyasallara mükemmel dayanıklılık. 600°C'nin üzerindeki kükürt içeren ortamlarda kullanılmaz. Yüksek azot ve oksijen içeren fırınlarda kullanılır. Çimento sektörünün vazgeçilmez bir koruyucu kılıfıdır.
1.4762	X10CrAL24	446	1200°C	L	Kükürt gazı ihtiva eden ortamlar, tuz banyoları ve eriyik metallerde kullanılır. Korozyon ve oksitlenmeye karşı çok dayanıklıdır. Tavlama ve sertleştirme fırınlarında kullanılır.
1.4772	X10CrSi29		1200°C	M	Kükürt gazı ihtiva eden ortamlar, tuz banyoları ve eriyik metallerde kullanılır. Yüksek sıcaklıkta korozyon ve oksitlenmeye dayanıklıdır.
1.4301	X5CrNi189	304/304H	800°C	P	Korozyon ve oksitlenmeye dayanıklıdır.
1.4401	X5CrNiMo1810	316	800°C	--	Korozyona dayanıklıdır. (Özellikle kimyasallarda 304 SS'ten daha iyi)
1.4404	X2CrNiMo1810	316L	800°C	--	Korozyona dayanıklıdır. (Özellikle kimyasallarda 304 SS'ten daha iyi)
1.4541	X10CrNiTi189	321	800°C		Korozyon ve oksitlenmeye dayanıklıdır. Özellikle 800°C'ye kadar olan uygulamalarda tercih edilebilir.
1.4571	X10CrNiMoTi1810	316Ti	800°C	K	Korozyona dayanıklıdır. Özellikle kimyasallarda 304 SS'ten daha iyi cevap verir. Tuzlu sular, agresif endüstriyel etkilere dayanıklıdır. 800°C'ye kadar olan uygulamalarda sürekli kullanılmak kaydı ile ömrü uzundur.
1.4867	NiCr6015		1200°C	O	Yüksek azot türevi ihtiva eden, oksitliyen ortamlarda uygundur.
1.4845	X12CrNiSi2521	310S	1100°C		Kükürtlü ve oksitleyici ortamlarda dayanıklıdır. Yüksek krom türevi ihtiva eden hidrojenli sıvılarda dayanıklıdır. "Green rot" etkiye hassas değildir.
1.4876	Incolloy 800x10 NiCrALTi3220		1100°C		Titanyum ve Alüminyum ilave edilen ortamlarda bu malzeme, yüksek sıcaklık stabilitesi sağlar. Karbürleme ve tekrar azotlama uygulamalarında mükemmel cevap verir.
2.4816	Inconel 600 NiCr 15Fe		1100°C		Yüksek sıcaklıktaki korozyona dayanıklıdır. Özellikle yüksek sıcaklıkta oksitleyen ortamlarda mükemmel cevap verir. Ortamda kükürt türevleri varsa 1000 F'nin üzerinde kullanmayınız.
1.4779	X19CrN28	446	1150°C	L	Kükürt gazı ihtiva eden ortamlarda, tuz banyolarında, eriyik metallerde kullanılır. Yüksek sıcaklıkta, korozif ve oksitleyici ortamlarda mükemmel cevap verir. Ancak karbürleme ortamlarında kullanmayınız.
1.1003	C2		1100°C	C	600-700°C'ye kadar eriyik metallerde, 1100°C'ye kadar tuz banyolarında kullanılır.
SiCr		SiCr	1200°C	S	Eriyik halinde bakır, çinko, alüminyum içinde kullanılır.
Grafit			1250°C	G	Eriyik halinde bakır, çinko, alüminyum içinde kullanılır.
Alloy 25			1250°C	A	Klorür tip tuz banyolarında 1250°C'ye kadar kullanılır.
Teflon / Teflon Kaplama			200°C		Kimya endüstrisinin çeşitli alanlarında kullanılır.
Tip 530	KER 530		1600°C	X	Tüm her çeşit gazlar içinde kullanılır. Gaz geçirmez, tüp olarak anılır.
Tip 610	KER 610		1500°C	Y	Alkali ve hidroflorik asit olmayan ortamlarda 1500°C'ye kadar kullanılır.
Tip 799	KER 799		1600°C	Z	1600°C'ye kadar alkali buhar ihtiva eden ortamlarda kullanılır. Ayrıca eriyik cam içinde 1500°C'ye kadar kullanılır.

■ TERMOKUPL MV DEĞERLERİ

Dünya ülkelerinde çeşitli standartlarda üretilen termokupl eleman telleri "Uluslararası Elektronik Komitesi" tarafından 1977 yılından beri sürdürülen çalışmalar sonunda tek standarda döndürülmüştür. Bundan böyle eleman telleri standardı IEC 60584 olarak anılacaktır. Bu bölümde IEC 60584 standardında yer alan T, J, E, K, N, S, R, B ile halen DIN 43710 standardında kullanılmaya devam edilen L ve U tipi standart eleman teli mV tabloları verilmiştir. Türkiye'de kullanımı yaygın olan ve herkesin Fe-Const ve Cu-Const olarak bildiği eleman telleri DIN 43710 da L (Fe-Const) ve U (Cu-Const) kodu ile bir süre devam edecektir. Diğer kodlar IEC 60584 olarak, daha önceki DIN 43710 ile aynı değerlere sahip olduğu için herhangi bir karşılık olmayacaktır. Tablolarda 10'ar derecelik

aralıklarla verilen mV değerleri sıcak noktanın sıcaklığı, soğuk nokta sıfır derece olduğu andaki mV değeridir.

Aşağıda DIN 43710 ve IEC 60584 eleman telleri standart kodları, Elimko ESKİ ve YENİ kodları verilmektedir. Kuruluşumuzdan beri kullanılmakta olan kodlar bu kataloğumuzda ESKİ KODLAR olarak belirtilmektedir. Termokupl sektöründe hızla IEC 60584 standardına geçiş yaşanmaktadır. Bu nedenle, bundan böyle Elimko YENİ KODLARI aynen IEC 60584 kodları olarak kullanılacaktır. Geçiş yıllarında karşılıklı bazı zorluklarımız olabilir, ancak Dünya ile entegrasyonda bunun gerekli olduğu inancındayız.

Termokupl Eleman Cinsi	DIN43710 Kodu	ELİMKO KODU		IEC 60584 KODU	ELİMKO KODU	
		Yeni	Eski		Yeni	Eski
Cu-Const	U	U	C	T	T	T
Fe-Const	L	L	F	J	J	J
Cr-Al	K	K	N	K	K	N
NiCr-Ni	K	K	N	K	K	N
Cr-Const	E	E	-	E	E	-
Nikrosil-Nisil	N	N	O	N	N	O
Pt%10Rh - Pt	S	S	P	S	S	P
Pt%13Rh - Pt	R	R	R	R	R	R
Pt%18Rh - Pt	B	B	B	B	B	B
Tn-Tn%26 Re	W	-	-	W	-	-

ÖNEMLİ: mV değerleri açısından farklılık sadece Fe-Const ve Cu-Const termokupllardadır. Diğer T/C eleman telleri mV'ları DIN 43710 ve IEC 60584'te aynıdır.

■ U TİPİ BAKIR-KONSTANTAN TERMOKUPL

Bakır (+) ve Konstantan (-) bacadan oluşan bu termokupl, hem indirgen hem de oksitliyen ortamlarda 600°C'ye kadar mV değeri üretebilmesine rağmen yaygın kullanım sıcaklığı 300°C'yi geçmez.

Genellikle laboratuvar uygulamalarında ve özel test amaçlarına yönelik kullanılır. Tablo değerleri, soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir.

Cu-Const

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	mV/°C1)
-100	-3,40	-3,68	-3,95	-4,21	-4,46	-4,69	-4,91	-5,12	-5,32	-5,51	-5,70	0,023
0	0	-0,39	-0,77	-1,14	-1,50	-1,85	-2,18	-2,50	-2,81	-3,11	-3,40	0,034
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0	0	0,40	0,80	1,21	1,63	2,05	2,48	2,91	3,35	3,80	4,25	0,043
100	4,25	4,71	5,18	5,65	6,13	6,62	7,12	7,63	8,15	8,67	9,20	0,050
200	9,20	9,74	10,29	10,85	11,41	11,98	12,55	13,13	13,71	14,30	14,89	0,057
300	14,89	15,49	16,09	16,69	17,30	17,91	18,52	19,13	19,75	20,37	20,99	0,061
400	20,99	21,61	22,24	22,87	23,50	24,14	24,78	25,43	26,08	26,74	27,40	0,064
500	27,40	28,07	28,74	29,42	30,10	30,79	31,48	32,18	32,88	33,59	34,30	0,069

■ T TİPİ BAKIR-KONSTANTAN TERMOKUPL

Tüm özellikler U tipi ile aynı mV değerleri farklı IEC 60584 STANDARDI

Cu-Const

°C	-200	-100	-0	°C	0	100	200	300	°C
-0	-5.603	-3.378	0.000	0	0.000	4.277	9.286	14.860	0
-10	-5.753	-3.656	-0.383	10	0.391	4.749	9.820	15.443	10
-20	-5.889	-3.923	-0.757	20	0.789	5.227	10.360	16.030	20
-30	-6.007	-4.177	-1.121	30	1.196	5.712	10.905	16.621	30
-40	-6.105	-4.419	-1.475	40	1.611	6.204	11.456	17.217	40
-50	-6.181	-4.648	-1.819	50	2.035	6.702	12.011	17.816	50
-60	-6.232	-4.865	-2.152	60	2.467	7.207	12.572	18.420	60
-70	-6.258	-5.069	-2.475	70	2.908	7.718	13.137	19.027	70
-80		-5.261	-2.788	80	3.357	8.235	13.707	19.638	80
-90		-5.439	-3.089	90	3.813	8.757	14.281	20.252	90
-100		-5.603	-3.379	100	4.279	9.286	14.860	20.869	100

■ L TİPİ DEMİR-KONSTANTAN TERMOKUPL

Demir (+) ve Konstantan (-) bacadan oluşan bu termokupl indirgen ortamlarda tercih edilir. 900°C'ye kadar mV değeri üretebilmesine rağmen genellikle 800°C'ye kadar kullanımı

yaygındır. Tablo değerleri, soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir.

Fe-Const

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	mV/°C1)
-100	-4,75	-5,15	-5,53	-5,90	-6,26	-6,60	-6,93	-7,25	-7,56	-7,86	-8,15	0,034
0	0	-0,51	-1,02	-1,53	-2,03	-2,51	-2,98	-3,44	-3,89	-4,33	-4,75	0,048
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0	0	0,52	1,05	1,58	2,11	2,65	3,19	3,73	4,27	4,82	5,37	0,054
100	5,37	5,92	6,47	7,03	7,59	8,15	8,71	9,27	9,83	10,39	10,95	0,056
200	10,95	11,51	12,07	12,63	13,19	13,75	14,31	14,88	15,44	16,00	16,56	0,056
300	16,56	17,12	17,68	18,24	18,80	19,36	19,92	20,48	21,04	21,60	22,16	0,056
400	22,16	22,72	23,29	23,86	24,43	25,00	25,57	26,14	26,71	27,28	27,85	0,057
500	27,85	28,43	29,01	29,59	30,17	30,75	31,33	31,91	32,49	33,08	33,67	0,058
600	33,67	34,26	34,85	35,44	36,04	36,64	37,25	37,85	38,47	39,09	39,72	0,061
700	39,72	40,35	40,98	41,62	42,27	42,92	43,57	44,23	44,89	45,55	46,22	0,065
800	46,22	46,89	47,57	48,25	48,94	49,63	50,32	51,02	51,72	52,43	53,14	0,069

■ J TİPİ DEMİR-KONSTANTAN TERMOKUPL

Tüm özellikler L tipi ile aynı mV değerleri farklı IEC 60584 STANDARDI

Fe-Const

°C	-100	-0	°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.100	°C
-0	-4.632	0.000	0	0.000	5.268	10.777	16.325	21.846	27.388	33.096	39.130	45.498	51.875	57.942	63.777	0
-10	-5.036	-0.501	10	0.507	5.812	11.332	16.879	22.397	27.949	33.683	39.754	46.144	52.496	58.533	64.355	10
-20	-5.426	-0.995	20	1.019	6.359	11.887	17.432	22.949	28.511	34.273	40.382	46.790	53.115	59.121	64.933	20
-30	-5.801	-1.481	30	1.536	6.907	12.442	17.984	23.501	29.075	34.867	41.013	47.434	53.729	59.708	65.510	30
-40	-6.159	-1.960	40	2.058	7.457	12.998	18.537	24.054	29.642	35.464	41.647	48.076	54.341	60.293	66.087	40
-50	-6.499	-2.431	50	2.585	8.008	13.553	19.089	24.607	30.210	36.066	42.283	48.716	54.948	60.876	66.664	50
-60	-6.821	-2.892	60	3.115	8.560	14.108	19.640	25.161	30.782	36.671	42.922	49.354	55.553	61.459	67.240	60
-70	-7.122	-3.344	70	3.649	9.113	14.663	20.192	25.716	31.356	37.280	43.563	49.989	56.155	62.039	67.815	70
-80	-7.402	-3.785	80	4.186	9.667	15.217	20.743	26.272	31.933	37.893	44.207	50.621	56.753	62.619	68.390	80
-90	-7.659	-4.215	90	4.725	10.222	15.771	21.295	26.829	32.513	38.510	44.852	51.249	57.349	63.199	68.964	90
-100	-7.890	-4.632	100	5.268	10.777	16.325	21.846	27.388	33.096	39.130	45.498	51.875	57.942	63.777	69.536	100

K TİPİ NİKELKROM-NİKEL TERMOKUPL

Nikel (-) ve Nikelkrom (+) bacadan oluşan bu termokupl oksitleyici ortamlarda tercih edilir. 1300°C'ye kadar mV değeri üretmesine rağmen yaygın olarak 1200°C'ye kadar kullanılır. IEC

60584 standardına uygun tablo değerleri, soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir.

NiCr-Ni

°C	-100	-0	°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	°C
-0	-3.553	0.000	0	0.000	4.095	8.137	12.207	16.395	20.640	24.902	29.128	33.277	37.325	41.269	45.108	48.828	52.398	0
-10	-3.852	-0.392	10	0.397	4.508	8.537	12.623	16.818	21.066	25.327	29.547	33.686	37.724	41.657	45.486	49.192	52.747	10
-20	-4.138	-0.777	20	0.798	4.919	8.938	13.039	17.241	21.493	25.751	29.965	34.095	38.122	42.045	45.863	49.555	53.093	20
-30	-4.410	-1.156	30	1.203	5.327	9.341	13.456	17.664	21.919	26.176	30.383	34.502	38.519	42.432	46.238	49.916	53.439	30
-40	-4.699	-1.527	40	1.611	5.733	9.745	13.874	18.088	22.346	26.599	30.799	34.909	38.915	42.817	46.612	50.276	53.782	40
-50	-4.912	-1.889	50	2.022	6.137	10.151	14.292	18.513	22.772	27.022	31.214	35.314	39.310	43.202	46.985	50.633	54.125	50
-60	-5.141	-2.243	60	2.436	6.539	10.560	14.712	18.938	23.198	27.445	31.629	35.718	39.703	43.585	47.356	50.990	54.466	60
-70	-5.354	-2.586	70	2.850	6.939	10.969	15.132	19.363	23.624	27.867	32.042	36.121	40.096	43.968	47.726	51.344	54.807	70
-80	-5.550	-2.920	80	3.266	7.338	11.381	15.552	19.788	24.050	28.288	32.455	36.524	40.488	44.349	48.095	51.697		80
-90	-5.730	-3.242	90	3.681	7.737	11.793	15.974	20.214	24.476	28.709	32.866	36.925	40.879	44.729	48.462	52.049		90
-100	-5.891	-3.553	100	4.095	8.137	12.207	16.395	20.640	24.902	29.128	33.277	37.325	41.269	45.108	48.828	52.398		100

N TİPİ NİKROSİL-NİSİL TERMOKUPL

%84 Ni, %14.2 Cr, %1.4 Si alaşımından oluşan (+) bacak ve %95.5 Ni, %4.4 Si, %0.1 Mg alaşımından oluşan (-) bacaklı bu termokupl endüstriyel uygulamalara yeni girmiştir. NiCr-Ni termokupla mukayese edildiğinde uzun süreli sabit mV üretir. Oksitlenmeye karşı dayanıklı olup, özellikle 600-1250°C arasında kullanılır.

900°C civarında NiCr-Ni termokupl eleman telinin oksitlenerek ürettiği mV değerinin sapsması (green rot effect) Nikrosil-Nisil telinde görülmemektedir. DIN 43710 ve IEC 60584 standardına uygun tablo değerleri, soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir.

Nikrosil-Nisil

°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	°C
0	0.000	2.774	5.912	9.340	12.972	16.744	20.609	24.526	28.456	32.370	36.248	40.076	43.836	47.502	0
10	0.261	3.072	6.243	9.695	13.344	17.127	20.999	24.919	28.849	32.760	36.633	40.456	44.207		10
20	0.525	3.374	6.577	10.053	13.717	17.511	21.390	25.312	29.241	33.149	37.018	40.835	44.578		20
30	0.793	3.679	6.914	10.412	14.092	17.896	21.781	25.705	29.633	33.538	37.403	41.213	44.947		30
40	1.064	3.988	7.254	10.773	14.467	18.282	22.172	26.098	30.025	33.927	37.786	41.590	45.315		40
50	1.340	4.301	7.596	11.135	14.844	18.668	22.564	26.491	30.417	34.315	38.169	41.966	45.682		50
60	1.619	4.617	7.940	11.499	15.222	19.055	22.956	26.885	30.808	34.702	38.552	42.342	46.048		60
70	1.902	4.936	8.287	11.865	15.601	19.443	23.348	27.278	31.199	35.089	38.934	42.717	46.413		70
80	2.188	5.258	8.636	12.233	15.981	19.831	23.747	27.671	31.590	35.476	39.316	43.091	46.777		80
90	2.479	5.584	8.987	12.602	16.362	20.220	24.133	28.063	31.980	35.862	39.696	43.464	47.140		90
100	2.774	5.912	9.340	12.972	16.744	20.609	24.526	28.456	32.370	36.248	40.076	43.836	47.502		100

E TİPİ KROMEL-KONSTANTAN TERMOKUPL

E tipi termokupllun EMF değerleri diğerlerine göre yüksektir. 750°C'ye kadar kullanılabilir. Termal ve nükleer santrallarda geniş kullanım alanı bulmuştur. Ülkemizde kullanımı yaygın değildir.

Ayrıca E tipi termokupl eleman teli diğer termokupl eleman tellerine nazaran daha yüksek iç dirence sahiptir. Bağlanacağı cihazın giriş direnci bu nedenle önemlidir.

Cr-Const

°C	-100	-0	°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	°C
-0	-5.237	0.000	0	0.000	6.317	13.419	21.033	28.943	36.999	45.085	53.110	61.022	68.783	0
-10	-5.680	-0.581	10	0.591	6.996	14.161	21.814	29.744	37.808	45.891	53.907	61.806	69.549	10
-20	-6.107	-1.151	20	1.192	7.683	14.909	22.597	30.546	38.617	46.697	54.703	62.588	70.313	20
-30	-6.516	-1.709	30	1.801	8.377	15.661	23.383	31.350	39.426	47.502	55.498	63.368	71.075	30
-40	-6.907	-2.254	40	2.419	9.078	16.417	24.171	32.155	40.236	48.306	56.291	64.147	71.835	40
-50	-7.279	-2.787	50	3.047	9.787	17.178	24.961	32.960	41.045	49.109	57.083	64.924	72.593	50
-60	-7.631	-3.306	60	3.683	10.501	17.942	25.754	33.767	41.853	49.911	57.873	65.700	73.350	60
-70	-7.963	-3.811	70	4.329	11.222	18.710	26.549	34.574	42.662	50.713	58.663	66.473	74.104	70
-80	-8.273	-4.301	80	4.983	11.949	19.481	27.345	35.382	43.470	51.513	59.451	67.245	74.857	80
-90	-8.561	-4.777	90	5.646	12.681	20.256	28.143	36.190	44.278	52.312	60.237	68.015	75.608	90
-100	-8.824	-5.237	100	6.317	13.419	21.033	28.943	36.999	45.085	53.110	61.022	68.783	76.358	100

■ S TİPİ PLATİN %10 RODYUM-PLATİN TERMOKUPL

%90 Platin, % 10 Radyum (+) ve saf platin (-) bacadan oluşan bu termokupl oksitleyici ve aşındırıcı ortamlara karşı çok dayanıklıdır ve yaygın olarak 1200°C'nin üzerinde 1600°C'ye kadar olan

sıcaklıklarda kullanılır. IEC 60584-1 standardına uygun tablo değerleri soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir.

Pt %10 Rh-Pt

°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	°C
0	0.000	0.645	1.440	2.323	3.260	4.234	5.237	6.274	7.345	8.448	9.585	10.754	11.947	13.155	14.368	15.576	16.771	17.942	0
10	0.055	0.719	1.525	2.414	3.356	4.333	5.339	6.380	7.454	8.560	9.700	10.872	12.067	13.276	14.489	15.697	16.890	18.056	10
20	0.113	0.795	1.611	2.506	3.452	4.432	5.442	6.486	7.563	8.673	9.816	10.991	12.188	13.397	14.610	15.817	17.008	18.170	20
30	0.173	0.872	1.698	2.599	3.549	4.532	5.544	6.592	7.672	8.786	9.932	11.110	12.308	13.519	14.731	15.937	17.125	18.282	30
40	0.235	0.950	1.785	2.692	3.645	4.632	5.648	6.699	7.782	8.899	10.048	11.229	12.429	13.640	14.852	16.057	17.243	18.394	40
50	0.299	1.029	1.873	2.786	3.743	4.732	5.751	6.805	7.892	9.012	10.165	11.348	12.550	13.761	14.973	16.176	17.360	18.504	50
60	0.365	1.109	1.962	2.880	3.840	4.832	5.855	6.913	8.003	9.126	10.282	11.467	12.671	13.883	15.094	16.296	17.477	18.612	60
70	0.432	1.190	2.051	2.974	3.938	4.933	5.960	7.020	8.114	9.240	10.400	11.587	12.792	14.004	15.215	16.415	17.594		70
80	0.502	1.273	2.141	3.069	4.036	5.034	6.064	7.128	8.225	9.355	10.517	11.707	12.913	14.125	15.336	16.534	17.711		80
90	0.573	1.356	2.232	3.164	4.135	5.136	6.169	7.236	8.336	9.470	10.635	11.827	13.034	14.247	15.456	16.653	17.826		90
100	0.645	1.440	2.323	3.260	4.234	5.237	6.274	7.345	8.448	9.585	10.754	11.947	13.155	14.368	15.576	16.771	17.942		100

■ R TİPİ PLATİN %13 RODYUM-PLATİN TERMOKUPL

%87 Platin, % 13 Rodyum alaşımından oluşan (+) ve saf platin (-) bacadan oluşan bu termokupl 1760°C'ye kadar mV değeri üretir. Oksitleyici ve aşındırıcı ortamlara karşı çok dayanıklıdır. 1600°C

sınırını aşan uygulamalar için tercih edilebilir. IEC 60584-1 standardına uygun tablo değerleri, soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir.

Pt %13 Rh-Pt

°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	°C
0	0.000	0.647	1.468	2.400	3.407	4.471	5.582	6.741	7.949	9.203	10.503	11.846	13.224	14.624	16.035	17.445	18.842	20.215	0
10	0.054	0.723	1.557	2.498	3.511	4.580	5.696	6.860	8.072	9.331	10.636	11.983	13.363	14.765	16.176	17.585	18.981	20.350	10
20	0.111	0.800	1.647	2.596	3.616	4.689	5.810	6.979	8.196	9.460	10.768	12.119	13.502	14.906	16.317	17.726	19.119	20.483	20
30	0.171	0.879	1.738	2.695	3.721	4.799	5.925	7.098	8.320	9.589	10.902	12.257	13.642	15.047	16.458	17.866	19.257	20.616	30
40	0.232	0.959	1.830	2.795	3.826	4.910	6.040	7.218	8.445	9.718	11.035	12.394	13.782	15.188	16.599	18.006	19.395	20.748	40
50	0.296	1.041	1.923	2.896	3.933	5.021	6.155	7.339	8.570	9.848	11.170	12.532	13.922	15.329	16.741	18.146	19.533	20.878	50
60	0.363	1.124	2.017	2.997	4.039	5.132	6.272	7.460	8.696	9.978	11.304	12.669	14.062	15.470	16.882	18.286	19.670	21.006	60
70	0.431	1.208	2.111	3.099	4.146	5.244	6.388	7.582	8.822	10.109	11.439	12.808	14.202	15.611	17.022	18.425	19.807		70
80	0.501	1.294	2.207	3.201	4.254	5.356	6.505	7.703	8.949	10.240	11.574	12.946	14.343	15.752	17.163	18.564	19.944		80
90	0.573	1.380	2.303	3.304	4.362	5.469	6.623	7.826	9.076	10.371	11.710	13.085	14.483	15.893	17.304	18.703	20.080		90
100	0.647	1.468	2.400	3.407	4.471	5.582	6.741	7.949	9.203	10.503	11.846	13.224	14.624	16.035	17.445	18.842	20.215		100

■ B TİPİ PLATİN %18 RODYUM-PLATİN TERMOKUPL

%70 Platin, %30 Rodyum alaşımından oluşan (+) ve %94 platin, %6 Rodyum (-) bacadan oluşan bu termokupl 1800°C'ye kadar mV değeri üretir. Oksitleyici ve aşındırıcı ortamlara diğer platin termokupllar gibi dayanıklı olup, 1600°C sınırını aşan ve 1800°C'ye

daha çok yakın sıcaklıklarda tercih edilir. IEC 60584-1 standardına uygun tablo değerleri, soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir.

Pt %18 Rh-Pt

°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	1,800	°C
0	0.000	0.033	0.178	0.431	0.786	1.241	1.791	2.430	3.154	3.957	4.833	5.777	6.783	7.845	8.952	10.094	11.257	12.426	13.585	0
10	-0.002	0.043	0.199	0.462	0.827	1.292	1.851	2.499	3.231	4.041	4.924	5.875	6.887	7.953	9.065	10.210	11.374	12.543	13.699	10
20	-0.003	0.053	0.220	0.494	0.870	1.344	1.912	2.569	3.308	4.126	5.016	5.973	6.991	8.063	9.178	10.325	11.491	12.659	13.814	20
30	-0.002	0.065	0.243	0.527	0.913	1.397	1.974	2.639	3.387	4.212	5.109	6.073	7.096	8.172	9.291	10.441	11.608	12.776		30
40	0.000	0.078	0.266	0.561	0.957	1.450	2.036	2.710	3.466	4.298	5.202	6.172	7.202	8.283	9.405	10.558	11.725	12.892		40
50	0.002	0.092	0.291	0.596	1.002	1.505	2.100	2.782	3.546	4.386	5.297	6.273	7.308	8.393	9.519	10.674	11.842	13.008		50
60	0.006	0.107	0.317	0.632	1.048	1.560	2.164	2.855	3.626	4.474	5.391	6.374	7.414	8.504	9.634	10.790	11.959	13.124		60
70	0.011	0.123	0.344	0.669	1.095	1.617	2.230	2.928	3.708	4.562	5.487	6.475	7.521	8.616	9.748	10.907	12.076	13.239		70
80	0.017	0.140	0.372	0.707	1.143	1.674	2.296	3.003	3.790	4.652	5.583	6.577	7.628	8.727	9.863	11.024	12.193	13.354		80
90	0.025	0.159	0.401	0.746	1.192	1.732	2.363	3.078	3.873	4.742	5.680	6.680	7.736	8.839	9.974	11.141	12.310	13.470		90
100	0.033	0.178	0.431	0.786	1.241	1.791	2.430	3.154	3.957	4.833	5.777	6.783	7.845	8.952	10.094	11.257	12.426	13.585		100

■ ELEMAN TELİ MONTAJI

Eleman tellerinin uçları kaynak yapıldıktan ve izolatör geçirildikten sonra koruyucu kılıf içine yerleştirilir. Uygulamanın durumuna göre topraklı - topraksız - ucu açık tipte olmak üzere çeşitli şekillerde

koruyucu kılıf montajı söz konusudur. Şekil 4'te açıklama yapılarak montaj şekilleri gösterilmiştir.



A) Topraklı Montaj

Genellikle daha hassas ölçüm alınması veya hızlı sıcaklık değişimlerinin algılanması için uygun bir montaj şeklidir. Elektriksel gürültü problemi olabilecek uygulamalarda tercih edilmeyebilirler.



B) Topraksız Montaj

Hemen hemen bütün termokuplarda seçilen yaygın bir montaj şeklidir. Dış koruyucu ile eleman teli arasında herhangi bir kısa devre söz konusu değildir.



C) Ucu Açık Montaj

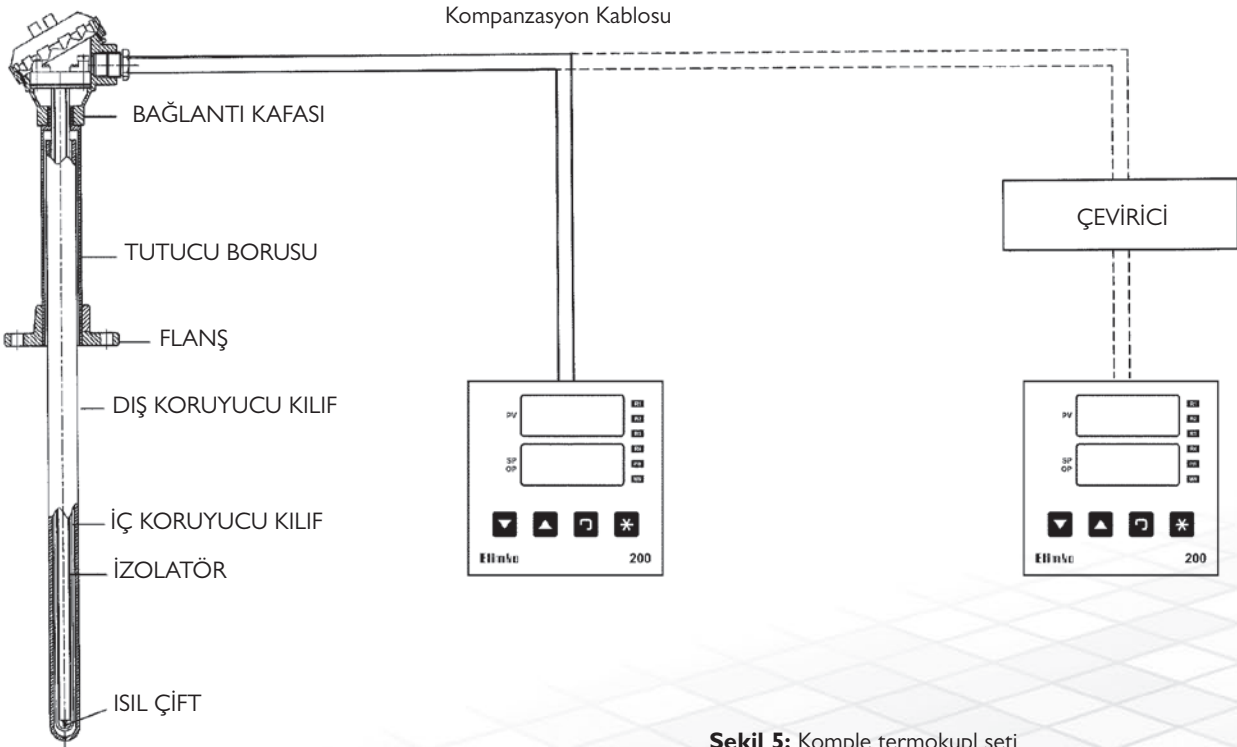
Genellikle bazı özel durumlarda tercih şeklidir. Hiçbir koroziflik, mekanik darbe tehlikesi olmayan hallerde daha hassas ölçüm yapabilmek amacıyla seçilebilir. Kaynak ucu ortama açıktır.

Şekil 4: Eleman teli montaj şekilleri.

■ KOMPLE TERMOKUPL SETİ

Termokuplar dış koruyucu kılıfı, bağlantı parçaları, eleman telleri, izolatörler, gaz geçirmez ikinci boruları, klemens, bağlantı kafası,

tutturucu borusu ve çeşitli aksesuarları ile bir bütündür. Aşağıda bir termokupl, tüm parçaları ile bir set halinde verilmiştir.



Şekil 5: Komple termokupl seti