

## T2 - PRAVI TERMOELEMENTI SA SPOLJAŠNJOM METALNOM ZAŠTITNOM CEVI

Pravi termoelementi sa metalnim cevima su specijalno konstruisani za primenu na povišenim temperaturama, npr. u raznim industrijskim pećima, za temperature do 1250°C. Električna veza ostvaruje se preko priključne pločice ili transmitera

### Osnovni delovi termoelemnta su:

- priključna glava,
- spoljašnja zaštitna cev,
- merni uložak,
- procesna konekcija.



**Priključna glava** termoelementa može biti raznih dimenzija i oblika, a definiše se preko konfiguratora.

**Spoljašnja zaštitna cev** termoelementa je od materijala izabranog tako da odgovaraju uslovima procesa i direktno je uronjena u medij u kome se meri temperatura.

**Merni uložak** može da bude u klasičnoj i mantel izvedbi sa različitim tipovima termoparova (J, K, N, T, S) koji se definišu preko konfiguratora.

Preporučujemo mantel izvedbu, koja ima niz prednosti:

- ne dolazi do kontaminacije i oksidacije toplog kraja termopara, jer se nalazi u visoko komprimovanom magnezijum oskidu, bez prisustva kiseonika,
- brži odziv,
- velika otpornost na vibracije,
- veća pouzdanost u radu,
- duži eksploatacioni vek.

Jedina prednost klasičnog mernog uložka je niža cena.

**Procesna konekcija** ostvaruje se pomoću:

- priрубnice, prema DIN 43734,
- pomičnog priključka (kompresioni fitting)

Priрубnica i pomični priključak (kompresioni fitting) se mogu pomerati po uzdužnoj osi termoelementa, čime se reguliše ugradna dužina.

### Tehničke karakteristike

Osnovne tehničke karakteristike specificirane su u konfiguratoru.

Popunjavanjem konfiguratora generiše se kod za naručivanje, koji definiše proizvod.

### Primena

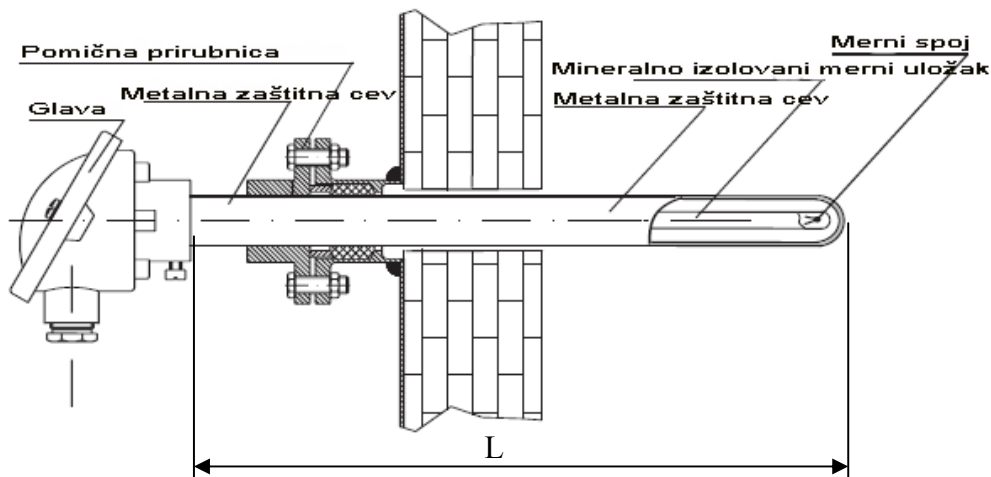
- visoke peći,
- peći za žarenje i termičku obradu,
- kotlovima na mazut, prirodni gas, bio masu, električnu energiju,
- industriji cementa,
- ciglanama.

## Oblasti primene

Termoelementi **Grupe T2-** sa metalnim zaštitnim cevima nalaze primenu u industriji cementa, tretiranju čelika, u zatvorenim posudama u kojima sagoreva otpad, u sredinama gde je prisutna sumporna atmosfera (oksidaciona ili redukciona) zatim u azotnoj atmosferi gde je prisustvo kiseonika veoma malo. Maksimalna temperatura primene je do 1250°C

Glavna prednost termoelemenata iz **Grupe T2-** je njihov vek trajanja koji ih čini pogodnim za primenu u najrazličitijim radnim uslovima gde su prisutne povišene temperature.

Montaža termoelemenata iz **Grupe T2-** prikazana je na slici 1.



**Slika 1.** Prikaz montaže termoelemenata iz **Grupe T2-**

## Funkcionalnost i konstrukcija:

### Princip merenja

Termopar se sastoji od dve termoelektrode od materijala različite provodljivosti koje su spojene jedna sa drugom sa dva spoja (topli i hladni), tako da čine jedno električno kolo.

Kada je jedan spoj (topli spoj) na temperaturi  $T_1$ , a drugi (hladni spoj) na temperaturi  $T_2$ , u kolu se generiše elektromotorna sila čija vrednost zavisi od korišćenih materijala i vrednosti temperatura  $T_1$  i  $T_2$ . Ovaj efekat na kome su zasnovana termoelektrična merenja temperature, poznat je kao Zebekov efekat.

U jednom industrijskom termoelementu, jedan spoj termopara (topli spoj) je merni spoj (izložen temperaturi koji sa meri) a drugi spoj (hladni spoj) je referentni spoj koji je na poznatoj – referentnoj temperaturi sa kojom se poredi merena temperatura.

Vrednosti termonapona u mV u zavisnosti od temperature, za termoparove Tip J, K, N i T, ..., date su u tabeli 5.

### Sastavni delovi

Termoelementi **Grupe T2-** proizvode se u skladu sa odredbama međunarodnog standarda IEC 584-1. Ovi proizvodi se sastoje od klasičnog termopara ili mernog uložka u mantel konstrukciji, zaštitne cevi, priključne glave u kojoj može biti ugrađen transmiter ili keramička pločica sa terminalima za električno povezivanje, u zavisnosti koji izlazni signal je potreban (naponski ili strujni)

### Termopar - klasična konstrukcija

Kod ove konstrukcije, odgovarajuće termoelektrode termopara J, K, N, T, ..., prethodno spojene u termopar, su umetnute u visoko temperaturno otporne keramičke izolatore.

### Merni uložak - mantel konstrukcije

Kod ove konstrukcije termopar je smešten unutar metalnog plašta. Termoelektrode termopara su međusobno, podužno, a i od metalnog plašta izolovane visoko komprimovanim magnezijum oksidom. Materijali omotača mernih uložaka su od: W.Nr 1.4541, W.Nr 2.4816 (Inconel 600), od Nicrobell-a, a sve u zavisnosti od temperature na kojoj se primenjuju.

Standardni materijali i dimenzije termoelektroda za termoparove navedeni su u Tabeli 1.

### **Spoljašnje zaštitne cevi**

Kod termoelemenata **Grupe T2-** kao spoljašnje zaštitne cevi koriste se metalne cevi..

U zavisnosti od temperature i više ili manje od težine radnih uslova u kojima se primenjuju, metalne zaštitne cevi proizvode se od različitih čelika i specijalnih legura, različitih prečnika i debljina zidova:

Primena zaštitnih cevi u velikoj meri zavisi od vrste radnog medija i uslova u njemu.

Vrhovi zaštitnih cevi koji su u radnom medijumu su zavareni specijalnom tehnologijom i garantuju optimalnu mehaničku otpornost i obezbeđuju efektivno merenje temperature, odnosno brz odziv.

Smernice za izbor zaštitnih cevi i njihovu primenu navedene su u Tabeli 2.

### **Procesna konekcija**

Termoelementi sa metalnim cevima mogu se ugraditi u opremu pomoću prirubnice ili pomičnog priključka, koji se mogu pomerati duž metalne zaštitne cevi i na taj način se podešava ugradna dužina. Pomična prirubnica se radi u dimenzijama prema DIN 43734, slika 5, a pomični priključak, u dimenzijama po zahtevu korisnika.

### **Priključna glava**

Kod termoelemenata **Grupe T2-** koriste se priključne glave, oblik A i B, prema DIN 43729, priključna glava KNH-L u koju se mogu ugraditi transmiter i keramička pločica ili dva transmitera i mnoge druge priključne glave različitih oblika i od različitih materijala. Priključne glave prikazane su na slici 2.

### **Dužina**

Svi termoelementi iz **Grupe T2-** mogu se poručiti u dužinama navedenim u informacijama za porudžbinu.

Dužine od 500, 710, 1000, 1400 i 2000mm se smatraju standardnim.

Termoelementi drugih dužina mogu se poručiti u zavisnosti od specifikacije i tehničkih karakteristika procesa.

### **Materijali**

**Tabela 1: Standardni materijali i dimenzije termoelektroda za termoparove**

<b>Tip termopara</b>	<b>Materijal termoelektroda</b>	<b>Prečnici termoelektroda [mm]</b>
J	(+) Fe / (-) CuNi	1,00; 1,38, 2,00; 2,50; 3,00
K	(+) NiCr / (-) Ni	1,00; 1,38, 2,00; 2,50; 3,00
N	(+) NiCrSi / (-) NiSi	1,00; 1,38, 2,00; 2,50; 3,00
T	(+) Cu / (-) CuNi	1,00; 1,38, 2,00; 2,50; 3,00

**Tabela 2:- Smernice za izbor zaštitinih cevi**

Materijal	Max.temperatura u vazduhu bez pritiska °C	Prednosti	Nedostaci	Oblast primene
Č.1214; W.Nr. 1.0305, St.35.8	<b>550</b>	Otporan na vodu u zatvorenim sistemima, neutralne gasove, dimne gasove	Niska otpornost na gasove koji sadrže sumpor	Peći za kaljenje – 450°C; Za topljenje cinka (do 480°C)
Č.1214 W.Nr. 1.0305, St.35.8, emajlirana	<b>700</b>	Otporan na vodu i paru, tople kiseline i isparenja, tečni gas, sumporna isparenja i gasove, topljeno olovo, kalaj i cink, alkalne sredine, benzin, dimne gasove	Vrlo mala otpornost na udare	Kotlovska postrojenja - kanalii za dimne gasove – do 700°C Rastopljeni cink – do 600°C
Č.4574; W.Nr. 1.4571	<b>800</b>	Austenični nerđajući čelik, otporan na koroziju u kiselim sredinama,	Nije otporan na oksidaciju u sumpornoj i fosfornoj kiselini (čak i pri malim koncent. i niskim temper. i na visoke temperature u sredinama koje sadrže hlor)	Peći za kaljenje, Postrojenja gde se javljaju hemijski agresivne pare izuzimajući hlorovodonične kiseline i sumpor dioksidne pare
Č.4970; W.Nr. 1.4762	<b>1200</b>	Vatrootporni, nerđajući čelik, ferolegura, otporan na sumpornu atmosferu (veoma dobro na oksidacionu i dobro na redukcionu).	Nije otporan u atmosferama koje sadrže azot	Peći za predgrevanje i kaljenje; Sredine u kojima se javljaju gasovi sa sadržajem sumpora; Kanale sa izduvnim gasovima rastopljen cink do 480°C
W.Nr. 1.4749	<b>1150</b>	Vatrootporni, nerđajući čelik, ferolegura, otporan na redukcionu atmosferu koja sadrži visoke koncentracije sumpora, na oksidaciju u vazduhu i gasove koji se stvaraju pri sagorevanju nafte.	Nije otporan u atmosferama koje sadrže azot	Peći za predgrevanje i kaljenje; Sredine u kojima se javljaju gasovi sa sadržajem sumpora; Kanali sa izduvnim gasovima rastopljen cink do 480°C
Č.4578; W.Nr. 1.4841	<b>1200</b>	Ima dobru termičku, mehaničku i korozionu otpornost. Otporan je na azotnu atmosferu sa niskom koncentracijom kiseonika. Sličan je, ali istovremeno i bolji od čelika Č.4574.	Nije otporan na gasove koji sadrže sumpor.	Industrijske peći, Komore za sagorevanje, Peći sa cirkulacijom vazduha, Petrohemijaska postrojenja: Cijanogene sone kupke; Rastopljeni aluminijum do 700°C; Rastopljeno olovo do 700°C Legure bakra i cinka do 900°C
W.Nr. 2.4816; Inconel 600	<b>1250</b>	Efikasna otpornost na visoke temperature, koroziju koju izazivaju joni hlorida, oksidacionu otpornost na povišenim temperaturama. Ima dobre performanse u atmosferama koje sadrže azot.	Nije preporučljiv za sredine gde ima sumpora.	Industrijske peći
Kanthal AF	<b>1300</b>	FeCr legura. Izuzetno otporan na oksidaciju u suvom vazduhu, do 1300°C, a u vlažnom vazduhu do 1200°C.	Mala otpornost na gasove koji sadrže azot	Industrijske peći: Peći za spaljivanje otpada; Industrija stakla, keramike i cementa
Kanthal APM	<b>1400</b>	Izuzetno otporan na oksidaciju na visokim temperaturama.		
Keramika C610 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >60%)	<b>1600</b>	Gasno otporna, velika otpornost na visoke temperature, srednje otporna na temperaturne promene	Niska čistoća Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> nije otporna na alkalne pare, osetljiva na udare	Gasne peći, difuzione peći, industrijske peći, može se koristiti kao unutrašnja cev u kombinaciji sa C530

## Težina

Navedena težina određena je teoretski.

Termoelement sa spoljašnjom zaštitnom cevi od W.Nr. 1.4749 prečnika 22mm, sa mernim uloškom, dužine 1000mm, priključna glava B ..... **2 kg**

## Elektronika

Ako je potrebno da se ostvari strujni izlazni signal, to se postiže ugradnjom 2-žičnog transmitera u priključnu glavu.

Transmiteri u 2-žičnoj tehnologiji i sa izlaznim signalom od 4-20 mA se veoma lako programiraju uz pomoć personalnog računara, jedinice za programiranje i odgovarajućeg softvera. Transmiteri su galvanski izolovani.

Ako je transmiter predviđen za ugradnju na DIN šinu, onda se u priključnu glavu ugrađuje keramička pločica sa terminalima za električno povezivanje.

## Performanse

### Radni uslovi

#### Priključna glava

Ambijentna temperatura za slučaj kada je priključna glava bez transmitera; -40 do 130° C  
Ambijentna temperatura za slučaj kada je transmiter ugrađen u priključnu glavu -40 do 85° C

#### Temperatura procesa

Radni opseg je definisan – određen na osnovu kombinacija tipa termopara i materijala zaštitnih cevi

#### Maksimalni procesni pritisak

Pravi termoelementi se koriste za procese u kojima je pritisak oko 1 bar.

#### Tačnost (sigurnost)

#### Maksimalne greške

Standardom IEC 60584 definisane su standardne vrednosti i tolerancije (dozvoljene greške) termoparova.

Standardne klase tačnosti za termoparove tip J, K, N, T,..., su klasa 2.

**Tabela 3: Dozvoljene greške merenja**

Tip	Standardna tolerancija (IEC 60584)		Redukovana tolerancija (IEC 60584)	
	Kl.	Dozvoljena greška merenja	Kl.	Dozvoljena greška merenja
J Fe-CuNi	2	$\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ (-40...333) °C $\pm 0,0075$ t (333...750) °C	1	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (-40...375) °C $\pm (0,004$ t (375...750) °C
K NiCr-Ni	2	$\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ (-40...333) °C $\pm 0,0075$ t (333...1200) °C	1	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (-40...375) °C $\pm (0,004$ t (375...1200) °C
N NiCrSi-NiSi	2	$\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ (-40...333) °C $\pm 0,0075$ t (333...1200) °C	1	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (-40...375) °C $\pm (0,004$ t (375...1200) °C
T Cu-CuNi	2	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ (-40...133) °C $\pm 0,0075$ t (133...350) °C	1	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (-40...125) °C $\pm (0,004$ t (125...350) °C

Greška transmitera mora biti dodata grešci termopara, uključujući i kompenzaciju referentnog spoja.

### **Vreme odziva**

Vreme odziva za ove tipove termoparova nije cirkularni parametar. Ukoliko želite tu informaciju kontaktirajte Tehničku službu – TERMOTEHNA.

### **Izolacija**

Otpornost izolacije između električnih terminala na keramičkoj pločici i spoljašnje zaštitne cevi je u potpunosti garantovana procedurama proizvodnje.

Kod termoelemenata sa mernim uloškom, prema standardu IEC 1515 vrednosti otpora izolacije između terminala i zaštitne cevi je:

- na 25° C, ispitivanje na 500 Vdc ≥ 1 000 MΩ
- na 500° C, ispitivanje na 500 Vdc ≥ 5 MΩ

### **Samozagrevanje**

Ne javlja se

### **Ugradnja**

Termoelementi **Grupe T2-**, su konstruisani za ugradnju u visoko temperaturne industrijske peći. U mnogim slučajevima je važno da se obavi kontrola preko instalacije i bez izvlačenja termoelementa iz peći pri visokim temperaturama, da se izbegnu termički šokovi i oštećenje, unutrašnjih, keramičkih cevi (ako su ugrađene)..

Ako postoji mogućnost da, u radnim uslovima, temperatura prekorači propisanu maksimalnu graničnu vrednost za materijal zaštitne cevi, preporučuje se vertikalna ugradnja, u cilju da se izbegne savijanje zaštitne cevi, usled sopstvene težine, što bi dovelo do oštećenja – lomljenja keramičkog izolatora i kidanja termopara ili deformacije mernog uloška

Kod termopara tip K, postoji mogućnost pojave preferencijalne oksidacije (zelena prevlaka), odnosno oksidacioni proces nikla koji je osnovni element termopara. Ova pojava može izazvati ograničenje u primeni termopara tipa K u sredini gde ima kiseonika. Na ovu pojavu dodatno utiče i to što se hrom u legiranoj žici NiCr transformiše u hrom oksid pa dolazi do pojave greške u merenju. Potrebno je vršiti periodično etaloniranje termopara.

Preferencijalna oksidacija neće se pojaviti u slučajevima gde postoji potpuno odsustvo kiseonika (PREDNOST MERNIH ULOŽAKA)

### **Komponente**

#### **Priključna glava**

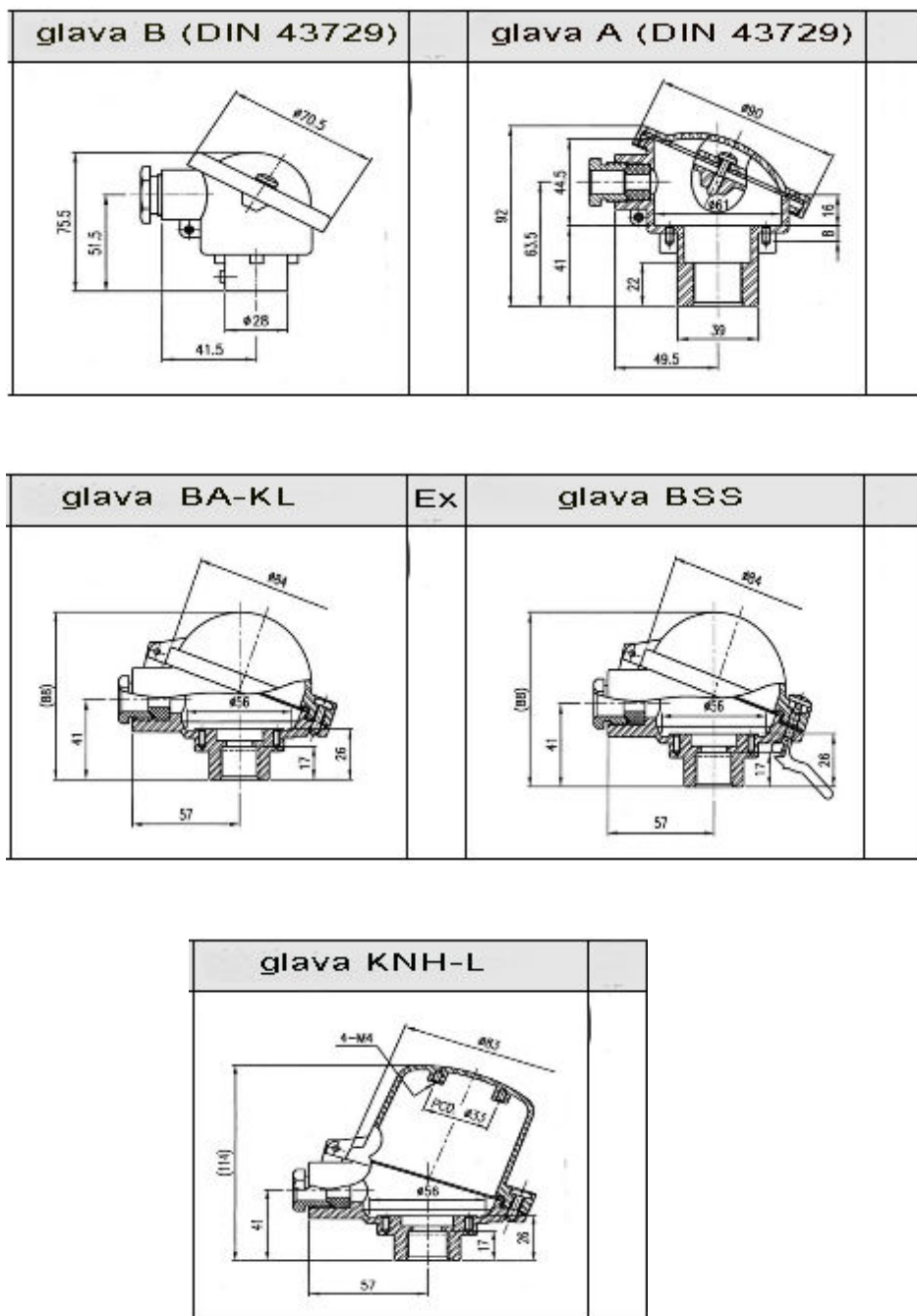
Saglasno odredbama standarda DIN 43729, kućište priključne glave, oblik B, koje sadrži keramičku pločicu sa električnim terminalima ili transmiter, može biti različitog tipa i materijala (npr. obojeni aluminijum, sirovo gvožđe ili nerđajući čelik).

Priključna glava, oblik B ide u kombinaciji sa termoparom u mantel mernom ulošku.

Priključna glava, oblik A ide u kombinaciji sa termoparom klasične konstrukcije..

U kućište priključne glave oblik KNH – L moguće je istovremeno ugraditi i keramičku pločicu i transmiter ili dva transmitera.

Priključne glave prikazane su na slici 2.



**Slika 2. Priključne glave**

### **Transmiteri**

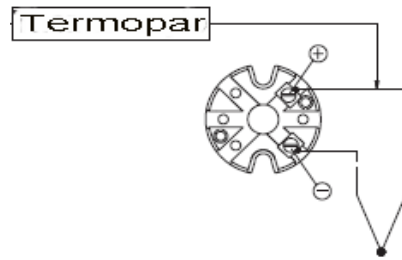
Primenljivi su sledeći transmieter::

- PC programabilni transmieteri 4...20 mA (galvanski izolovani),
- Transmieteri sa HART protokolom (galvanski izolovani), izlaz sadrži 4...20 mA i HART superponirane signale,
- Transmieteri (galvanski izolovani) PROFIBUS PA izlaznim signalom, komunikaciona adresa može biti setovana preko odgovarajućeg softvera ili pomoću mehaničkih prekidača. Kupac može zahtevati željenu konfiguraciju tokom procesa poručivanja,

Ako se transmieteri ugrađuju na DIN šinu, u priključnu glavu se ugrađuju keramičke pločice.

Povezivanje termopara prikazano je na slici 3.

*Klasičan termopar*  
*Merni uložak*

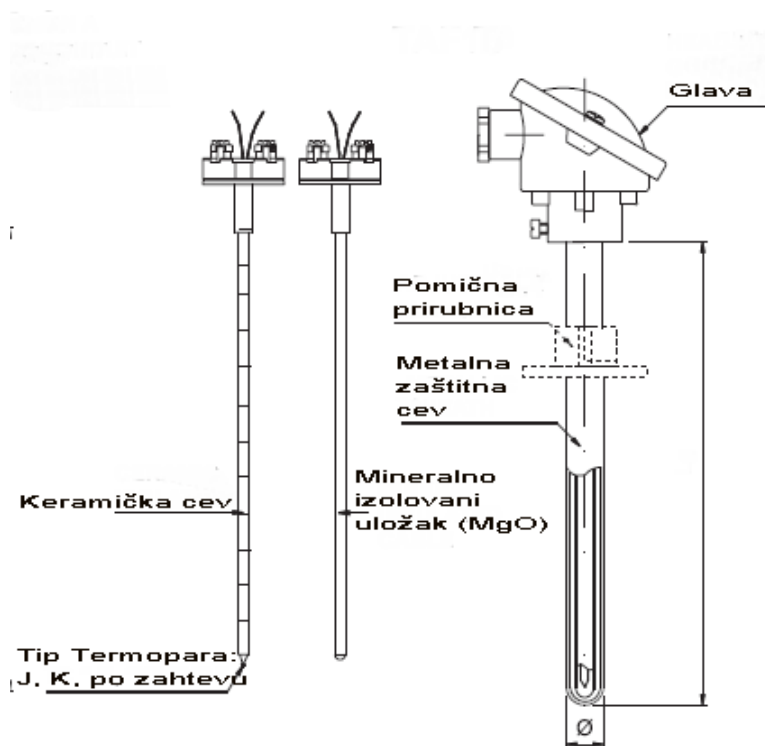


Kod termoelementa **Grupe T2-**

- **klasičan termopar:** jedan ili dva termopara ugrađena su u odgovarajuće keramičke izolatore otporan na visoke temperature, koji je zatim umetnut u metalnu zaštitnu cev;
- **merni uložak-mantel konstrukcija,** direktno je postavljen u metalnu zaštitnu cev.

Slika 3: Standardno povezivanje

Na slici br. 4 prikazani su delovi termoelementa iz Grupe T2-

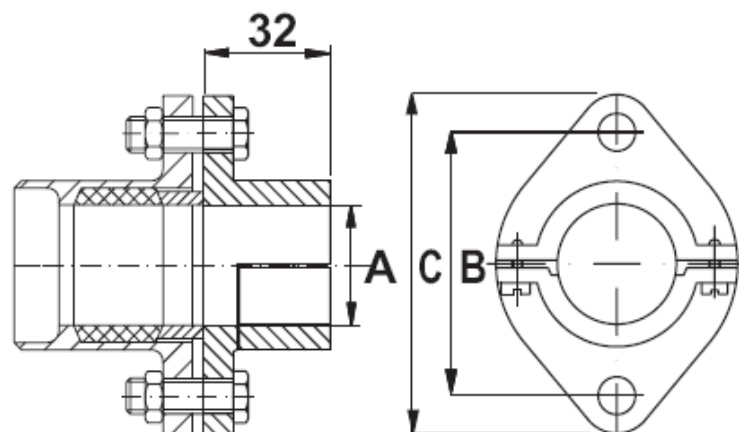


**Slika br. 4 Delovi termoelementa**

Pri zameni mernog uloška, ugradna dužina ( $L_u$ ) zavisi od nazivne dužine ( $L$ ) zaštitne cevi.

**Pomoćni pribor**

- Priрубnica  
 Za  $A=22$   
 $B=70$ ;  $C=90$



**Slika 5. Pomična priрубnica prema DIN 43734**



## Uverenja

- Uverenje o etaloniranju merila
- Uverenja o etaloniranju laboratorijske opreme
- Sertifikat o akreditaciji laboratorije za temperature – akreditacioni br.: 02-058

## Ostali detalji

### Održavanje

Termoelementni iz Grupe **T2-**, ne zahtevaju neko posebno održavanje.

Preporučuju se periodični pregledi, jer mehanička opterećenja i termički šokovi, agresivne sredine, pojava abrazije mogu izazvati oštećenja cevi.

Takođe, preporučuje se etaloniranje termoparova, jedanput godišnje, od strane ovlašćene laboratorije, a u skladu sa Zakonom.

<b>Kataloške šifre za standardne termoelemente</b>					
<b>Tabela 4.1: Termoelementi sa klasičnim termoparom</b>					
Temperatura	Termopar	Materijal zaštitne cevi	Nazivna dužina L [mm]	Kataloški broj	
				1 termopar	2 termopar
do 550°C	Fe-CuNi Tip J, prema IEC 60584-1	W.Nr.1.0305 St 35.8	500	T2-1101	T2-2101
			710	T2-1102	T2-2102
			1000	T2-1103	T2-2103
do 700°C	Fe-CuNi Tip J, prema IEC 60584-1	W.Nr.1.0305 St 35.8 emajlirana	500	T2-1121	T2-2121
			710	T2-1122	T2-2122
			1000	T2-1123	T2-2123
do 550°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	W.Nr.1.0305 St 35.8	500	T2-1201	T2-2201
			710	T2-1202	T2-2202
			1000	T2-1203	T2-2203
do 700°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	W.Nr.1.0305 St 35.8 emajlirana	500	T2-1221	T2-2221
			710	T2-1222	T2-2222
			1000	T2-1223	T2-2223
do 1200°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	Č.4970 W.Nr.1.4762	500	T2-1231	T2-2231
			710	T2-1232	T2-2232
			1000	T2-1233	T2-2233
			1400	T2-1234	T2-2234
			2000	T2-1235	T2-2235
do 1200°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	Č.4578 W.Nr.1.4841	500	T2-1241	T2-2241
			710	T2-1242	T2-2242
			1000	T2-1243	T2-2243
			1400	T2-1244	T2-2244
			2000	T2-1245	T2-2245
do 1250°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	W.Nr.2.4816 Inconel 600	500	T2-1281	T2-2281
			710	T2-1282	T2-2282
			1000	T2-1283	T2-2283
			1400	T2-1284	T2-2284
			2000	T2-1285	T2-2285

**Tabela 4.2: Termoelementi sa termoparom u mernom ulošku - mantel konstrukcija**

Temperatura	Termopar	Materijal zaštitne cevi	Nazivna dužina L [mm]	Kataloški broj	
				1 termopar	2 termopar
do 550°C	Fe-CuNi Tip J, prema IEC 60584-1	W.Nr.1.0305 St 35.8	500	T2-1101.1	T2-2101.1
			710	T2-1102.1	T2-2102.1
			1000	T2-1103.1	T2-2103.1
do 700°C	Fe-CuNi Tip J, prema IEC 60584-1	W.Nr.1.0305 St 35.8 emajlirana	500	T2-1121.1	T2-2121.1
			710	T2-1122.1	T2-2122.1
			1000	T2-1123.1	T2-2123.1
do 550°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	W.Nr.1.0305 St 35.8	500	T2-1201.1	T2-2201.1
			710	T2-1202.1	T2-2202.1
			1000	T2-1203.1	T2-2203.1
do 700°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	W.Nr.1.0305 St 35.8 emajlirana	500	T2-1221.1	T2-2221.1
			710	T2-1222.1	T2-2222.1
			1000	T2-1223.1	T2-2223.1
do 1150°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	Č.4970 W.Nr.1.4762	500	T2-1231.1	T2-2231.1
			710	T2-1232.1	T2-2232.1
			1000	T2-1233.1	T2-2233.1
			1400	T2-1234.1	T2-2234.1
			2000	T2-1235.1	T2-2235.1
do 1150°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	Č.4578 W.Nr.1.4841	500	T2-1241.1	T2-2241.1
			710	T2-1242.1	T2-2242.1
			1000	T2-1243.1	T2-2243.1
			1400	T2-1244.1	T2-2244.1
			2000	T2-1245.1	T2-2245.1
do 1150°C	NiCr-NiAl Tip K, prema IEC 60584-1	W.Nr.2.4816 Inconel 600	500	T2-1281.1	T2-2281.1
			710	T2-1282.1	T2-2282.1
			1000	T2-1283.1	T2-2283.1
			1400	T2-1284.1	T2-2284.1
			2000	T2-1285.1	T2-2285.1

**Tabela 5: Vrednosti termonapona u mV u zavisnosti od temperature**

**Termopar Fe-CuNi, Tip J, prema IEC 60584-1 – Vrednosti termonapona u mV**

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-7,890	-8,096								
-100	-4,632	-5,036	-5,426	-5,801	-6,159	-6,499	-6,821	-7,122	-7,402	-7,659
0	0	-0,501	-0,995	-1,481	-1,960	-2,431	-2,892	-3,344	-3,785	-4,215
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,507	1,019	1,536	2,058	2,585	3,115	3,649	4,186	4,725
100	5,268	5,812	6,359	6,907	7,457	8,008	8,560	9,113	9,667	10,222
200	10,777	11,332	11,887	12,442	12,998	13,553	14,108	14,663	15,217	15,771
300	16,325	16,879	17,432	17,984	18,537	19,089	19,640	20,192	20,743	21,295
400	21,846	22,397	22,949	23,501	24,054	24,607	25,161	25,716	26,272	26,829
500	27,388	27,949	28,511	29,075	29,642	30,210	30,762	31,356	31,933	32,513
600	33,096	33,683	34,273	34,867	35,464	36,066	36,671	37,280	37,893	38,510
700	39,130	39,754	40,382	41,013	41,647	42,283	42,922	43,563	44,207	44,852
800	45,498	46,144	46,790	47,434	48,076	48,716	49,354	49,989	50,621	51,249
900	51,875	52,496	53,115	53,729	54,341	54,948	55,553	56,155	56,753	57,349

**Termopar NiCr-NiAl, Tip K, prema IEC 60584-1 – Vrednosti termonapona u mV**

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-100	-3,553	-3,852	-4,138	-4,410	-4,669	-4,912	-5,141	-5,354	-5,550	-5,730
0	0	-0,392	-0,777	-1,156	-1,527	-1,889	-2,243	-2,586	-2,920	-3,242
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,397	0,798	1,203	1,611	2,022	2,436	2,850	3,266	3,681
100	4,095	4,508	4,919	5,327	5,733	6,137	6,539	6,939	7,338	7,737
200	8,137	8,537	8,938	9,341	9,745	10,151	10,560	10,969	11,381	11,793
300	12,207	12,623	13,039	13,456	13,874	14,292	14,712	15,132	15,552	15,974
400	16,395	16,818	17,241	17,664	18,088	18,513	18,938	19,363	19,788	20,214
500	20,640	21,066	21,493	21,919	22,346	22,772	23,196	23,624	24,050	24,476
600	24,902	25,327	25,751	26,176	26,599	27,022	27,445	27,867	28,288	28,709
700	29,128	29,547	29,965	30,383	30,799	31,214	31,629	32,042	32,455	32,866
800	33,277	33,686	34,095	34,502	34,909	35,314	35,718	36,121	36,524	36,925
900	37,325	37,724	38,122	38,519	38,915	39,310	39,703	40,096	40,488	40,879
1000	41,269	41,657	42,045	42,432	42,817	43,202	43,585	43,968	44,349	44,729
1100	45,108	45,486	45,863	46,238	46,612	46,985	47,356	47,726	48,095	48,462
1200	48,828	49,192	49,555	49,916	50,276	50,633	50,990	51,344	51,697	52,049
1300	52,398	52,747	53,093	53,439	53,782	54,125	54,466	54,807		

**Termopar NiCrSi-NiSi, Tip N, prema IEC 60584-1 – Vrednosti termonapona u mV**

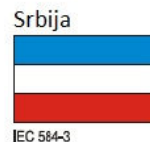
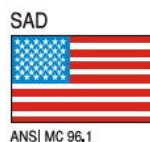
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-3,99	-4,08	-4,16	-4,22	-4,27					
-100	-2,40	-2,61	-2,80	-2,99	-3,17	-3,33	-3,49	-3,63	-3,76	-3,88
0	0	-0,26	-0,51	-0,77	-1,02	-1,26	-1,50	-1,74	-1,97	-2,19
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,26	0,52	0,79	1,06	1,33	1,61	1,90	2,18	2,47
100	2,77	3,07	3,37	3,67	3,98	4,30	4,61	4,93	5,25	5,58
200	5,91	6,24	6,57	6,91	7,25	7,59	7,94	8,28	8,63	8,98
300	9,34	9,69	10,05	10,41	10,77	11,13	11,50	11,86	12,23	12,60
400	12,97	13,34	13,71	14,09	14,46	14,84	15,22	15,60	15,98	16,36
500	16,74	17,12	17,51	17,89	18,28	18,66	19,05	19,44	19,83	20,22
600	20,60	20,99	21,39	21,78	22,17	22,56	22,95	23,34	23,74	24,13
700	24,52	24,91	25,31	25,70	26,09	26,49	26,88	27,27	27,67	28,06
800	28,45	28,84	29,24	29,63	30,02	30,41	30,80	31,19	31,58	31,98
900	32,37	32,75	33,14	33,53	33,92	34,31	34,70	35,08	35,47	35,86
1000	36,24	36,63	37,01	37,40	37,78	38,16	38,55	38,93	39,31	39,69
1100	40,07	40,45	40,83	41,21	41,59	41,96	42,34	42,71	43,09	43,46
1200	43,83	44,20	44,57	44,94	45,31	45,68	46,04	46,41	46,77	47,14
1300	47,50									

**Termopar Cu-CuNi, Tip T, prema IEC 60584-1 – Vrednosti termonapona u mV**

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-100	-3,37	-3,65	-3,92	-4,17	-4,41	-4,64	-4,86	-5,06	-5,26	-5,43
0	0	-0,38	-0,75	-1,12	-1,47	-1,81	-2,15	-2,47	-2,78	-3,08
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,39	0,78	1,19	1,61	2,03	2,46	2,90	3,35	3,81
100	4,27	4,74	5,22	5,71	6,20	6,70	7,20	7,71	8,23	8,75
200	9,28	9,82	10,36	10,90	11,45	12,01	12,57	13,13	13,70	14,28
300	14,86	15,44	16,03	16,62	17,21	17,81	18,42	19,027	19,63	20,25
400	20,86									

Internacionalne Boje Raspoznavanja za tehniku merenja temperature  
International Colour Codes applied to temperature measuring engineering

Tip termopara  
thermocouple type



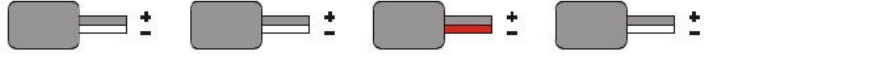
**R** ⊕ Platina - 13% Rodium  
⊖ Platina



**S** ⊕ Platina - 10% Rodium  
⊖ Platina



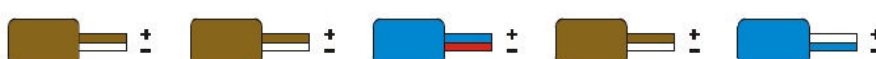
**B** ⊕ Platina - 30% Rodium  
⊖ Platina - 6% Rodium



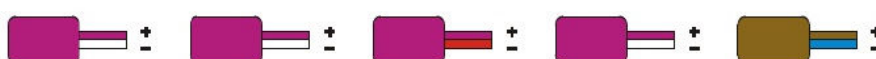
**J** ⊕ Gvožđe  
⊖ Bakar - Nikl



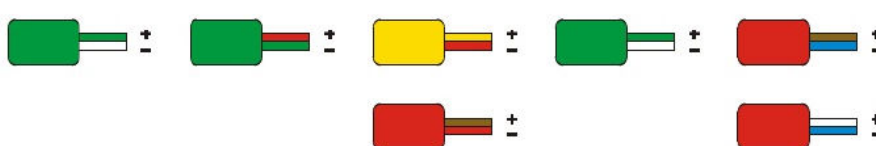
**T** ⊕ Bakar  
⊖ Bakar - Nikl



**E** ⊕ Nikl - Hrom  
⊖ Bakar - Nikl



**K** ⊕ Nikl - Hrom  
⊖ Nikl



**N** ⊕ Nikl - Hrom - Silicijum  
⊖ Nikl - Silicijum



**U** ⊕ Bakar  
⊖ Bakar - Nikl



**L** ⊕ Gvožđe  
⊖ Bakar - Nikl

