



INDICAZIONI TECNICHE

TERMOCOPPIE

1. Principio di funzionamento
2. Metodi di misura con le termocoppie
3. Costruzione delle Termocoppie
4. Termocoppie ad isolamento tradizionale
5. Termocoppie ad isolamento minerale
6. Principali cause di errore nelle misure con termocoppie
7. Tabelle di riferimento
8. Tolleranze e limiti di applicabilità standard per termocoppie

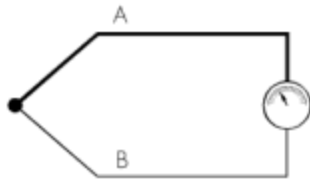
1. PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

La termocoppia è costituita da un circuito elettrico formato da due conduttori metallici di differente materiale saldati insieme alle loro estremità. In presenza di una differenza di temperatura tra le due giunzioni, per l'effetto Seebeck, si genera un loop di corrente e quindi, nel caso in cui venga aperta una delle due giunzioni, una forza elettromotrice (emf). La polarizzazione e l'intensità di questa forza elettromotrice dipende unicamente dalla tipologia dei due metalli e dalla temperatura a cui sono sottoposte le due giunzioni. La giunzione che è esposta alla temperatura da misurare è detta giunto caldo o giunto di misura mentre la giunzione tra i conduttori della termocoppia ed il circuito di misura è detta giunto freddo o giunto di riferimento. Per misurare una temperatura con una termocoppia bisogna che il giunto di riferimento sia ad una temperatura nota (solitamente 0°) in modo che la fem generata dipenda unicamente dalla temperatura del giunto di misura. Il tipo di termocoppia dipende dai metalli che ne costituiscono i conduttori, e possono essere riassunti come di seguito:

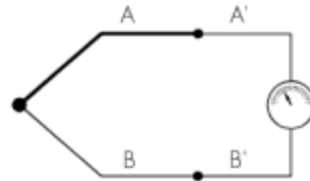
Tipo		Limiti di temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Descrizione
Simbolo	Materiali		
S	Pt10%Rh - Pt	-50 / 1760	Termocoppia a base di metalli nobili (Platino e Rodio) permette di ottenere misure molto precise. Particolarmente resistente alle alte temperature viene solitamente usata in atmosfere ossidanti. Poco raccomandata in atmosfere riducenti o che contengano vapori di metallo.
R	Pt13%Rh - Pt	-50 / 1760	Come la termocoppia tipo "S" ma con percentuali diverse dei due metalli.
B	Pt30%Rh - Pt6%Rh	0 / 1820	Termocoppia a base di metalli nobili che grazie alla maggiore quantità di Rodio rispetto ai tipi "S" e "R" la rendono più resistente alle alte temperature ed agli stress meccanici.
E	Cr - Co	-270 / 1000	Termocoppia con alto potere termoelettrico che unisce il polo positivo della termocoppia tipo "K" e il polo negativo della termocoppia tipo "J". Particolarmente indicata in atmosfere ossidanti.
J	Fe - Co	-210 / 1200	Termocoppia formata dal polo positivo in ferro e da quello negativo in costantana (lega a base di rame e nichel). Indicata per misure di medie temperature in atmosfere riducenti e con presenza di idrogeno e carbone. La presenza del ferro ne pregiudica il buon funzionamento in atmosfere ossidanti.
K	Cr - Al	-270 / 1370	Termocoppia a base di leghe contenenti nichel adatta per misure di alte temperature in atmosfere ossidanti. Non utilizzabile in atmosfere riducenti.
T	Cu - Co	-270 / 400	Termocoppia che permette accurate misure a bassa temperatura in atmosfere ossidanti e riducenti.
N	Nicrosil - Nisil	-270 / 400	Termocoppia per alte temperature simile alla tipo "K" ma con minor isteresi
W3	W3%Re- W25%Re	0 / 2310	Termocoppia per altissime temperature composta da un polo positivo di Tungsteno contenente in 3% di Renio e da un polo negativo di Tungsteno contenente il 25% di Renio. Particolarmente resistente in atmosfere riducenti e in presenza di idrogeno o di altro gas inerte. Non può essere usata in aria o in atmosfere ossidanti.
W5	W5%Re - W26%Re	0 / 2310	Termocoppia molto simile alla W3 ma con una percentuale di Renio maggiore che ne aumenta la resistenza meccanica. Altre caratteristiche identiche alla termocoppia tipo W3

2. METODI DI MISURA CON LE TERMOCOPPIE

I metodi di misura di misura con le termocoppie possono essere divisi generalmente in due tipi: Il primo come riportato nella figura No.1 viene generalmente utilizzato nel campo industriale dove non sono necessarie precisioni estreme

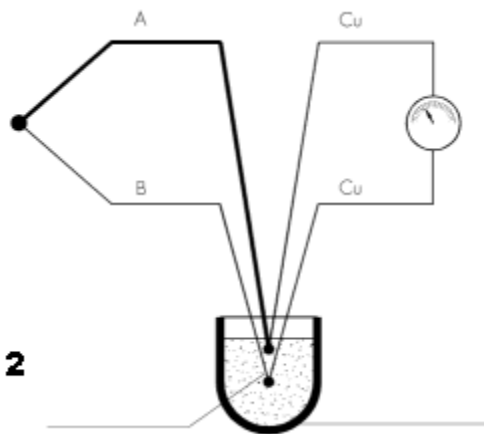


1a



1b

In questo caso la termocoppia viene collegata direttamente (fig. 1a) o per mezzo di cavi compensati o di estensione (fig. 1b) allo strumento di misura. In questo caso la compensazione del giunto di riferimento viene effettuata direttamente dallo stesso strumento di misura che, rilevando la temperatura della giunzione per mezzo di altri tipi di sensori, modifica elettronicamente il segnale della termocoppia stessa in modo da essere dipendente solamente dalla temperatura del giunto di misura e quindi dalla temperatura da misurare. Il secondo invece permette di ottenere misure molto accurate e per questo motivo viene utilizzato quasi esclusivamente nelle applicazioni di laboratorio.



2

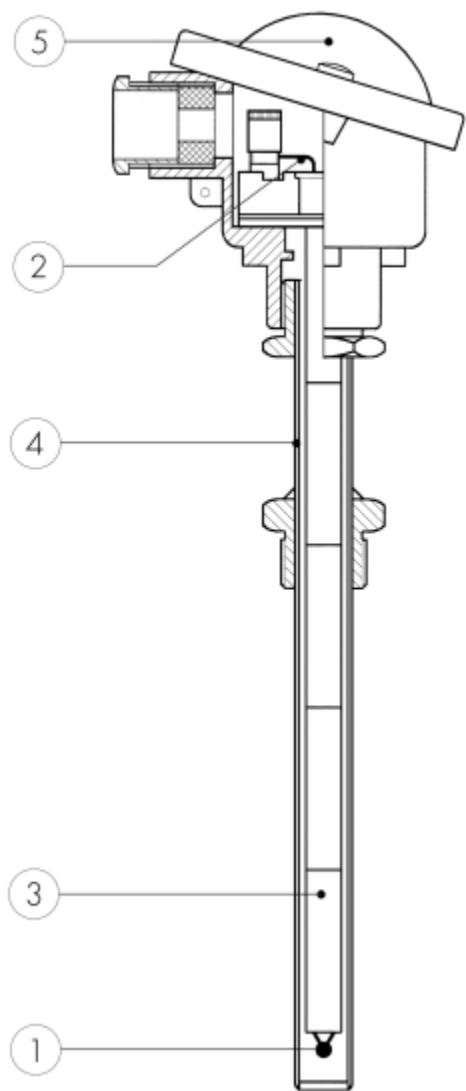
In questo caso la temperatura del giunto di riferimento viene mantenuta ad una temperatura nota e costante (solitamente il punto di fusione del ghiaccio 0°C) per mezzo di procedimenti manuali o automatici allo scopo di compensare la forza elettromotrice rilevata dallo strumento di misura con quella corrispondente del giunto di misura.

3. COSTRUZIONE DELLE TERMOCOPPIE

Come per i termometri a resistenza, anche per le termocoppie esistono essenzialmente due tipologie costruttive: ad isolamento tradizionale e ad isolamento minerale. La tabella seguente mostra le principali caratteristiche delle due tipologie:

	Velocita' di risposta	Isolamento elettrico	Resistenza alle vibrazioni	Resistenza alle pressioni
Isolamento tradizionale	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono
Isolamento minerale (MgO)	Ottimo	Buono	Ottimo	Ottimo

4. TERMOCOPPIE AD ISOLAMENTO TRADIZIONALE



Le termocoppie con isolamento tradizionale sono costituite da:

1- Giunto di misura

Il giunto di misura o giunto caldo è la zona in cui i due conduttori della termocoppia sono uniti tra loro; essendo la sua dimensione di dimensioni ridotte, possiamo considerare la misura con le termocoppie di tipo puntiforme.

L’esecuzione di questa giunzione deve essere fatta in modo tale da non presentare tensioni meccaniche sui due conduttori (specialmente per quanto riguarda le termocoppie a base di metallo nobile) in quanto queste, una volta in temperatura, pregiudicherebbero il corretto funzionamento della termocoppia.

2- Fili della termocoppia

I fili della termocoppia dovranno essere dimensionati adeguatamente in base alle condizioni di impiego; è possibile inserire nella stessa sonda due o più termocoppie.

3- Isolatori ceramici

Gli isolatori ceramici servono per mantenere isolati i fili della termocoppia per tutta la lunghezza della sonda tra di loro e verso la guaina esterna.

4- Guaina di protezione

La guaina di protezione ha lo scopo di proteggere i fili della termocoppia. Questa, essendo a contatto con il processo, è importante che sia costituita dal giusto materiale e che abbia le giuste dimensioni. La guaina di protezione è solitamente metallica tuttavia è possibile che questa sia in materiale ceramico se la temperatura risulti molto elevata. In condizioni particolari è opportuno ricoprire la guaina con un ulteriore protezione (pozzetto termometrico).

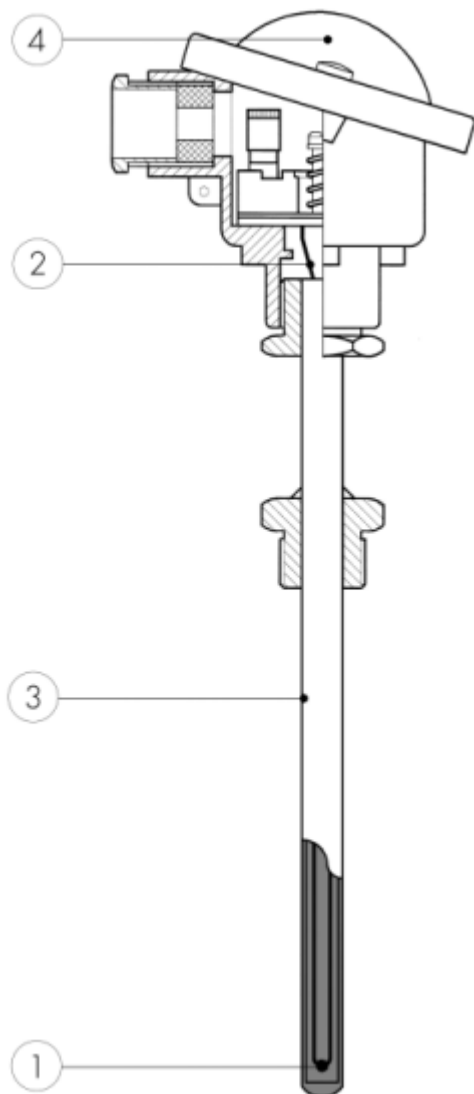
5- Testa di connessione

La testa di connessione contiene una morsettiera di materiale isolante (normalmente ceramica) che permette il collegamento elettrico della termocoppia, in funzioni delle condizioni di impiego possono essere usate custodie antideflagranti. Al posto della morsettiera è possibile installare un convertitore con uscita 4-20mA.

Nelle termocoppie con isolamento tradizionale il limite di impiego delle diverse termocoppie è determinato oltre che dalla tipologia della guaina, anche dalla dimensione dei fili della stessa come riportato nella seguente tabella:

TIPO	CONDIZIONI	DIAMETRO FILI (mm) / WIRE DIAMETER (mm)						CONDITIONS	TYPE
		3	1,5	1,3	0,8	0,5	0,35		
J	Fili nudi	650	480	480	425	340	310	Bare wires	J
	Fili inguainati	760	590	450	480	370	370	Sheathed wires	
K/N	Fili nudi	1.090	925	925	870	760	700	Bare wires	K/N
	Fili inguainati	1.260	1.090	1.090	980	870	815	Sheathed wires	
T	Fili nudi	315	315	260	200	200	200	Bare wires	T
	Fili inguainati	370	370	315	260	200	200	Sheathed wires	
E	Fili nudi	760	590	590	480	370	370	Bare wires	E
	Fili inguainati	870	650	650	540	425	425	Sheathed wires	
S/R	Fili nudi					1.480	1.320	Bare wires	S/R
	Fili inguainati							Sheathed wires	
B	Fili nudi					1.700	1550	Bare wires	B
	Fili inguainati							Sheathed wires	
Limiti di temperatura in °C								Temperature limits in °C	

5. TERMOCOPPIE AD ISOLAMENTO MINERALE MgO



Questa particolare tipologia costruttiva permette di realizzare termocoppie di elevate prestazioni e con caratteristiche meccaniche eccellenti. Le principali caratteristiche costruttive di questo tipo di realizzazione possono essere così riassunte: – possibilità di realizzare termocoppie di dimensioni molto ridotte (a partire da 0,5mm di diametro)

- possibilità di piegare la guaina con raggi di curvatura molto stretti
- considerevole aumento della durata media della termocoppia
- possibilità di realizzare termocoppie molto lunghe.

1- Giunto di misura

Con l'utilizzo di particolari tecniche viene realizzata l'unione dei due conduttori costituenti la termocoppia all'interno del cavo isolato in ossido minerale e quindi si procede alla chiusura dello stesso. Il giunto di misura può essere isolato, a massa oppure esposto (vedi tabella)

2- Fili della termocoppia

All'interno del cavo isolato in ossido minerale si possono trovare due, quattro o sei fili; la termocoppia potrà quindi essere semplice, doppia o tripla.

3- Guaina con isolamento minerale

Questa è composta da una guaina metallica contenente i conduttori isolati tra loro e dalla guaina stessa per mezzo di ossidi metallici purissimi e altamente compressi; l'isolamento standard è l'ossido di magnesio MgO.

4- Testa di connessione

La testa di connessione contiene una morsettiera di materiale isolante (normalmente ceramica) che permette il collegamento elettrico della termocoppia, in funzione delle condizioni di impiego possono essere utilizzate custodie antideflagranti. Al posto della morsettiera è possibile installare un convertitore con uscita 4-20mA.

La realizzazione del giunto di misura nelle termocoppie ad isolamento minerale può essere di tre tipi e la scelta del tipo dipende dalle condizioni di impiego della termocoppia stessa:



A



B



C

A- Giunto caldo esposto

Caratterizzato da un ridottissimo tempo di risposta in quanto lo stesso è a diretto contatto con l'ambiente in cui si deve misurare la temperatura; tuttavia ne è sconsigliato l'utilizzo in ambienti corrosivi .

B- Giunto caldo a massa

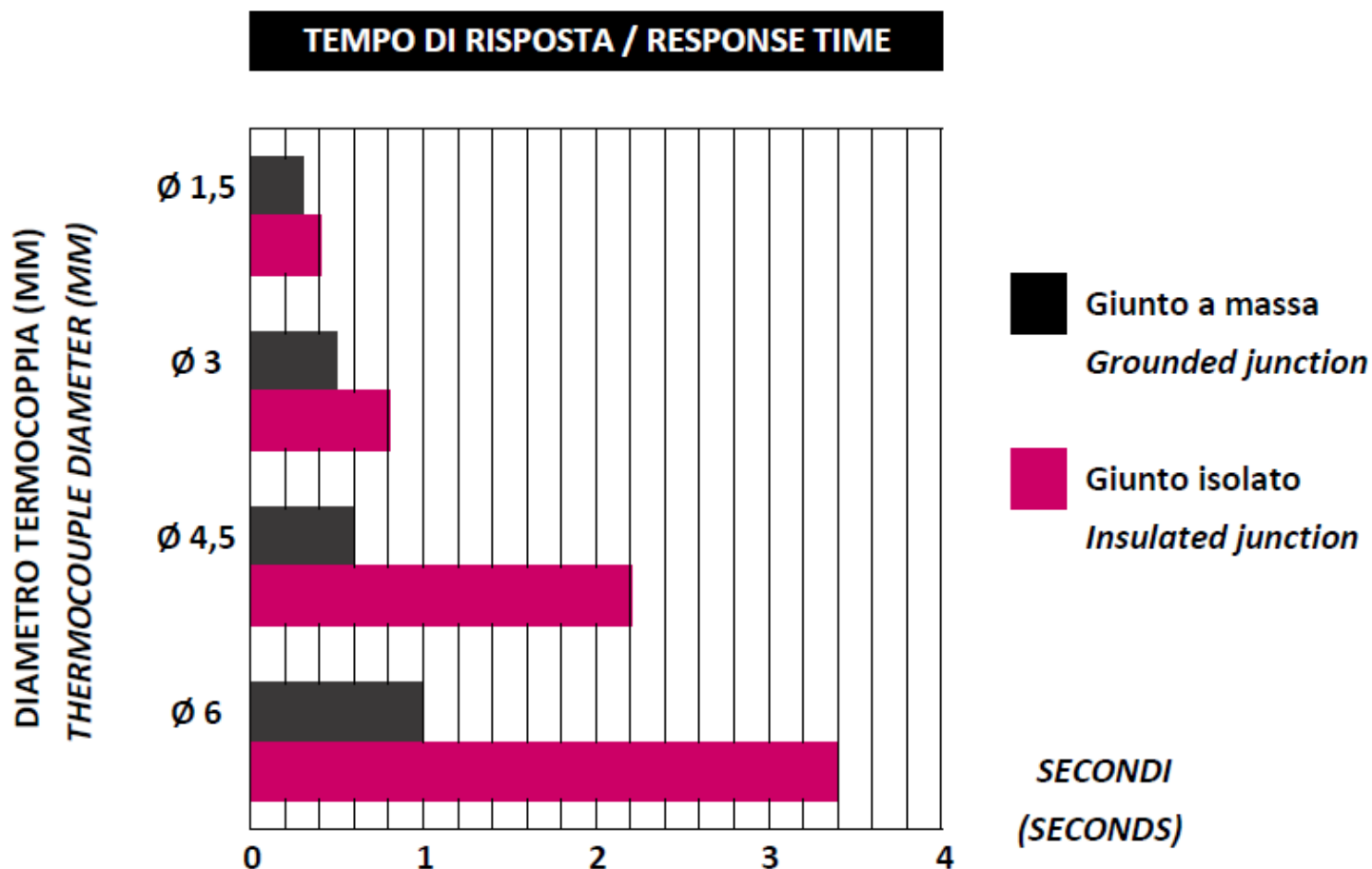
In questo tipo di realizzazione il giunto di misura è parte integrante della guaina di protezione e di conseguenza il tempo di risposta è abbastanza ridotto, l'esecuzione dello stesso è conforme alle norme ASTM-E-235 .

Consigliato in presenza di alte pressioni (fino a 3500Kg/cm²).

C- Giunto caldo isolato

Il giunto caldo è completamente isolato dalla guaina di protezione e quindi particolarmente indicato nei casi in cui le fessure potrebbero falsare la misura. L'esecuzione dello stesso è conforme alle norme ASTM-E-235.

Il grafico seguente mostra il tempo necessario ad una termocoppia con isolamento minerale per il raggiungere il 63,2% del salto termico misurato in acqua con velocità di 0,4m/s.



6. PRINCIPALI CAUSE DI ERRORE NELLE MISURE CON TERMOCOPPIE

Le principali cause di errore in cui si può incorrere durante la misura della temperatura con le termocoppie sono:

- Collegamento della termocoppia con lo strumento di misura con un cavo non adatto
- Inversioni di polarità nei vari collegamenti
- Fem parassite
- Errata compensazione del giunto di riferimento.

Tutti i collegamenti tra le termocoppie e gli strumenti di misura devono essere effettuati con cavi compensati adatti, infatti esistono cavi compensati per ogni tipo di termocoppia, la scelta del tipo di isolante e delle dimensioni dipendono unicamente dalle condizioni di utilizzo (vedi parte riguardante i cavi).

Tutti i cavi di compensazione e/o di estensione per termocoppie hanno una colorazione che identifica sia il tipo di termocoppia che la sua polarità, è quindi importante fare attenzione ad evitare di invertire le polarità negli eventuali collegamenti.

E' tuttavia buona norma, nei collegamenti tra le termocoppie e gli strumenti di misura, fare meno giunzioni possibili e comunque usare appositi dispositivi con contatti compensati che impediscono anche le inversioni di polarità.

Nel caso in cui si stia utilizzando delle termocoppie con giunto di misura a massa è possibile che eventuali fem parassite vengano introdotte dalla termocoppia verso lo strumento di misura ed essendo il segnale delle termocoppie in mV è molto facile che questo venga falsato o disturbato.
 E' quindi opportuno passare all'utilizzo di termocoppie con giunto di misura isolato.

Come detto precedentemente la misura con le termocoppie necessita delle compensazione del giunto di riferimento; è importante quindi che questa venga effettuata correttamente dallo strumento di misura.

7. TABELLE DI RIFERIMENTO

TERMOCOPPIA TIPO “B” (PtRh30% vs. PtRh6%) SECONDO IEC 584-1 (ITS90)

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV											
0	0	-0,002	-0,003	-0,002	0	0,002	0,006	0,011	0,017	0,025	0
100	0,033	0,043	0,053	0,065	0,078	0,092	0,107	0,123	0,141	0,159	100
200	0,178	0,199	0,22	0,243	0,267	0,291	0,317	0,344	0,372	0,401	200
300	0,431	0,462	0,494	0,527	0,561	0,596	0,632	0,669	0,707	0,746	300
400	0,787	0,828	0,87	0,913	0,957	1,002	1,048	1,095	1,143	1,192	400
500	1,242	1,293	1,344	1,397	1,451	1,505	1,561	1,617	1,675	1,733	500
600	1,792	1,852	1,913	1,975	2,037	2,101	2,165	2,23	2,296	2,363	600
700	2,431	2,499	2,569	2,639	2,71	2,782	2,854	2,928	3,002	3,078	700
800	3,154	3,23	3,308	3,386	3,466	3,546	3,626	3,708	3,79	3,873	800
900	3,957	4,041	4,127	4,213	4,299	4,387	4,475	4,564	4,653	4,743	900
1.000	4,834	4,926	5,018	5,111	5,205	5,299	5,394	5,489	5,585	5,682	1.000
1.100	5,78	5,878	5,976	6,075	6,175	6,276	6,377	6,478	6,58	6,683	1.100
1.200	6,786	6,89	6,995	7,1	7,205	7,311	7,417	7,524	7,632	7,74	1.200
1.300	7,848	7,957	8,066	8,176	8,286	8,397	8,508	8,62	8,731	8,844	1.300
1.400	8,956	9,069	9,182	9,296	9,41	9,524	9,639	9,735	9,868	9,984	1.400
1.500	10,099	10,215	10,331	10,447	10,563	10,679	10,796	10,913	11,029	11,146	1.500
1.600	11,263	11,38	11,497	11,614	11,731	11,848	11,965	12,082	12,199	12,316	1.600
1.700	12,433	12,549	12,666	12,782	12,898	13,014	13,13	13,246	13,361	13,476	1.700
1.800	13,591	13,706	13,82								1.800
C°	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	C°

Giunto di riferimento a 0°C

TERMOCOPPIA TIPO “J” (Fe-Co) SECONDO IEC 584-1 (ITS 90)

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
	FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV										
-200	-7,89	-8,095									-200
-100	-4,633	-5,037	-5,426	-5,801	-6,159	-6,5	-6,821	-7,123	-7,403	-7,659	-100
0	0	-0,501	-0,995	-1,482	-1,961	-2,431	-2,893	-3,344	-3,786	-4,215	0
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
	FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV										
0	0	0,507	1,019	1,537	2,059	2,585	3,116	3,65	4,187	4,726	0
100	5,269	5,814	6,36	6,909	7,459	8,01	8,562	9,115	9,669	10,224	100
200	10,779	11,334	11,889	12,445	13	13,555	14,11	14,665	15,219	15,773	200
300	16,327	16,881	17,434	17,986	18,538	19,09	19,642	20,194	20,745	21,297	300
400	21,848	22,4	22,952	23,504	24,057	24,61	25,164	25,72	26,276	26,834	400
500	27,393	27,953	28,516	29,08	29,647	30,216	30,788	31,362	31,939	32,519	500
600	33,102	33,689	34,279	34,873	35,47	36,071	36,675	37,284	37,896	38,512	600
700	39,132	39,755	40,382	41,012	41,645	42,281	42,919	43,559	44,203	44,848	700
800	45,494	46,141	46,786	47,431	48,074	48,715	49,353	49,989	50,622	51,251	800
900	51,877	52,5	53,119	53,735	54,347	54,956	55,561	56,164	56,763	57,36	900
1.000	57,953	58,545	59,134	59,721	60,307	60,89	61,473	62,054	62,634	63,214	1.000
1.100	63,792	64,37	64,948	65,525	66,102	66,679	67,255	67,831	68,406	68,98	1.100
1.200	69,553										1.200
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C

Giunto di riferimento a 0°C

TERMOCOPPIA TIPO “K” (Cr-Al) SECONDO IEC 584-1 (ITS 90)

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
	FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV										
-200	-5,891	-6,035	-6,158	-6,262	-6,344	-6,404	-6,441	-6,458			-200
-100	-3,554	-3,852	-4,138	-4,411	-4,669	-4,913	-5,141	-5,354	-5,55	-5,73	-100
0	0	-0,392	-0,778	-1,156	-1,527	-1,889	-2,243	-2,587	-2,92	-3,243	0
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
	FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV										
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
0	0	0,397	0,798	1,203	1,612	2,023	2,436	2,851	3,267	3,682	0
100	4,096	4,509	4,92	5,328	5,735	6,138	6,54	6,941	7,34	7,739	100
200	8,138	8,539	8,94	9,343	9,747	10,153	10,561	10,971	11,382	11,795	200
300	12,209	12,624	13,04	13,457	13,874	14,293	14,713	15,133	15,554	15,975	300
400	16,397	16,82	17,243	17,667	18,091	18,516	18,941	19,366	19,792	20,218	400
500	20,644	21,071	21,497	21,924	22,35	22,776	23,203	23,629	24,055	24,48	500
600	24,905	25,33	25,755	26,179	26,602	27,025	27,447	27,869	28,289	28,71	600
700	29,129	29,548	29,965	30,382	30,798	31,213	31,628	32,041	32,453	32,865	700
800	33,275	33,685	34,093	34,501	34,908	35,313	35,718	36,121	36,524	36,925	800
900	37,326	37,725	38,124	38,522	38,918	39,314	39,708	10,101	40,49	40,885	900
1.000	41,276	41,665	42,053	42,44	42,826	43,211	43,595	43,978	44,359	44,74	1.000
1.100	45,119	45,497	45,873	46,249	46,623	46,995	47,367	47,737	48,105	48,473	1.100
1.200	48,838	49,202	49,565	49,926	50,286	50,644	51	51,355	51,708	52,06	1.200
1.300	52,41	52,759	53,106	53,451	53,795	54,138	54,479	54,819			1.300
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C

Giunto di riferimento a 0°C

TERMOCOPPIA TIPO “N” (Nicrosil – Nisil) SECONDO IEC 584-1 (ITS 90)

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
	FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV										
-200	-3,99	-4,083	-4,162	-4,226	-4,313	-4,336	-4,345				-200
-100	-2,407	-2,612	-2,808	-2,994	-3,171	-3,336	-3,491	-3,634	-3,766	-3,884	-100
0	0	-0,26	-0,518	-0,772	-1,023	-1,269	-1,509	-1,744	-1,972	-2,193	0
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
	FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV										
0	0	0,261	0,525	0,793	1,065	1,34	1,619	1,902	2,189	2,48	0
100	2,774	3,072	3,374	3,68	3,989	4,302	4,618	4,937	5,259	5,585	100
200	5,913	6,245	6,579	6,916	7,255	7,597	7,941	8,288	8,637	8,988	200
300	9,341	9,696	10,054	10,413	10,774	11,136	11,501	11,867	12,234	12,603	300
400	12,974	13,346	13,719	14,094	14,469	14,846	15,225	15,604	15,984	16,366	400
500	16,748	17,131	17,515	17,9	18,286	18,672	19,059	19,447	19,835	20,224	500
600	20,613	21,003	21,393	21,784	22,175	22,566	22,958	23,35	23,742	24,134	600
700	24,527	24,919	25,312	25,705	26,098	26,491	26,883	27,276	27,669	28,062	700
800	28,455	28,847	29,239	29,632	30,024	30,416	30,807	31,199	31,59	31,981	800
900	32,371	32,761	33,151	33,541	33,93	34,319	34,707	35,095	35,482	35,869	900
1.000	36,256	36,641	37,027	37,411	37,795	38,179	38,562	38,944	39,326	39,706	1.000
1.100	40,087	40,466	40,845	41,223	41,6	41,976	42,352	42,727	43,101	43,474	1.100
1.200	43,846	44,218	44,588	44,958	45,326	45,694	46,066	46,425	46,789	47,152	1.200
1.300	47,513										1.300
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C

Giunto di riferimento a 0°C

TERMOCOPPIA TIPO “R” (PtRh13% – Pt) SECONDO IEC 584-1 (ITS 90)

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
	FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV										
0	0	-0,051	-0,1	-0,145	-0,188	-0,226					0
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
	FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV										
0	0	0,054	0,111	0,171	0,232	0,296	0,363	0,431	0,501	0,573	0
100	0,647	0,723	0,8	0,879	0,959	1,041	1,124	1,208	1,294	1,381	100
200	1,469	1,558	1,648	1,739	1,831	1,923	2,017	2,112	2,207	2,304	200
300	2,401	2,498	2,597	2,696	2,796	2,896	2,997	3,099	3,201	3,304	300
400	3,408	3,512	3,616	3,721	3,827	3,933	4,04	4,147	4,255	4,363	400
500	4,471	4,58	4,69	4,8	4,91	5,021	5,133	5,245	5,357	5,47	500
600	5,583	5,697	5,812	5,926	6,041	6,157	6,237	6,39	6,507	6,625	600
700	6,743	6,861	6,98	7,1	7,22	7,34	7,461	7,583	7,705	7,827	700
800	7,95	8,073	8,197	8,321	8,446	8,571	8,697	8,823	8,95	9,077	800
900	9,205	9,333	9,461	9,59	9,72	9,85	9,98	10,111	10,242	10,374	900
1.000	10,506	10,638	10,771	10,905	11,039	11,173	11,307	11,442	11,578	11,714	1.000
1.100	11,85	11,986	12,123	12,26	12,397	12,535	12,673	12,812	12,95	13,089	1.100
1.200	13,228	13,367	13,507	13,646	13,786	13,926	14,066	14,207	14,347	14,488	1.200
1.300	14,629	14,77	14,911	15,052	15,193	15,334	15,475	15,616	15,758	15,899	1.300
1.400	16,04	16,181	16,323	16,464	16,605	16,746	16,887	17,028	17,169	17,31	1.400
1.500	17,451	17,591	17,732	17,872	18,012	18,152	18,292	18,431	18,571	18,71	1.500
1.600	18,849	18,988	19,126	19,264	19,402	19,54	19,677	19,814	19,951	20,087	1.600
1.700	20,222	20,356	20,488	20,62	20,749	20,877	21,003				1.700
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C

Giunto di riferimento a 0°C

TERMOCOPPIA TIPO “S” (PtRh10% – Pt) SECONDO IEC 584-1 (ITS 90)

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV											
0	0	-0,053	-0,103	-0,15	-0,194	-0,236					0
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV											
0	0	0,055	0,113	0,173	0,235	0,299	0,365	0,433	0,502	0,573	0
100	0,646	0,72	0,795	0,872	0,95	1,029	1,11	1,191	1,273	1,357	100
200	1,441	1,526	1,612	1,698	1,786	1,874	1,962	2,052	2,141	2,232	200
300	2,323	2,415	2,507	2,599	2,692	2,786	2,88	2,974	3,096	3,164	300
400	3,259	3,355	3,451	3,548	3,645	3,742	3,84	3,938	4,036	3,134	400
500	4,233	4,332	4,432	4,532	4,632	4,732	4,833	4,934	5,035	5,137	500
600	5,239	5,341	5,443	5,546	5,659	5,753	5,857	5,961	6,065	6,17	600
700	6,275	6,381	6,486	6,593	6,699	6,806	6,913	7,02	7,128	7,236	700
800	7,345	7,454	7,563	7,673	7,783	7,893	8,003	8,114	8,226	8,337	800
900	8,449	8,562	8,674	8,787	8,9	9,014	9,128	9,242	9,357	9,472	900
1.000	9,587	9,703	9,819	9,935	10,051	10,168	10,285	10,403	10,52	10,638	1.000
1.100	10,757	10,875	10,994	11,113	11,232	11,351	11,471	11,59	11,71	11,83	1.100
1.200	11,951	12,071	12,191	12,312	12,433	12,554	12,675	12,796	12,917	13,038	1.200
1.300	13,159	13,28	13,402	13,523	13,644	13,766	13,887	14,009	14,13	14,251	1.300
1.400	14,373	14,494	14,615	14,736	14,857	14,978	15,099	15,22	15,341	15,461	1.400
1.500	15,582	15,702	15,822	15,942	16,062	16,182	16,301	16,42	16,539	16,658	1.500
1.600	16,777	16,895	17,013	17,131	17,249	17,366	17,483	17,6	17,717	17,832	1.600
1.700	17,947	18,061	18,174	18,825	18,395	18,503	18,609				1.700
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C

Giunto di riferimento a 0°C

TERMOCOPPIA TIPO “T” (Cu-Co) SECONDO IEC 584-1 (ITS 90)

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV											
-200	-5,603	-5,753	-5,888	-6,007	-6,105	-6,18	-6,232	-6,258			-200
-100	-3,379	-3,657	-3,923	-4,177	-4,419	-4,648	-4,865	-5,07	-5,261	-5,439	-100
0	0	-0,383	-0,757	-1,121	-1,475	-1,819	-2,153	-2,476	-2,788	-3,089	0
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	°C
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C
FEM termoelettrica in mV - Thermoelectric voltage in mV											
0	0	0,391	0,79	1,196	1,612	2,036	2,468	2,909	3,358	3,814	0
100	4,279	4,75	5,228	5,714	6,206	6,704	7,209	7,72	8,237	8,759	100
200	9,288	9,822	10,362	10,907	11,458	12,013	12,574	13,139	13,709	14,283	200
300	14,862	15,445	16,032	16,624	17,219	17,819	18,422	19,03	19,641	20,255	300
400	20,872										400
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	°C

Giunto di riferimento a 0°C

8. TOLLERANZE E LIMITI DI APPLICABILITA' STANDARD PER TERMOCOPPIE

TYPE	JIS C 1602			ANSI MC 96.1			DIN 43710		IEC 584-2		
	Temp. range (°C)	Grade	Tolerance (°C)	Temp. range (°C)	Grade	Tolerance (°C)	Temp. range (°C)	Tolerance (°C)	Temp. range (°C)	Grade	Tolerance (°C)
B	200-1700	0.5	± 4°C or ± 0.5%	800-1700	STD	± 0.5%	-	-	600-1700	2	1.5°C 0.0025* t
										3	4C 0.005* t
R	0-1600	0.25	± 1.5°C or ± 0.25%	0-1450	STD	± 0.6°C or ± 0.1%	-	-	0-1600	1	1°C or [1+0.003 *(t-1100)]
					SP	± 1.5°C or ± 0.25%				2	1.5°C or 0.0025* t
S	0-1600	0.25	± 1.5°C or ± 0.25%	0-1450	STD	± 0.6°C or ± 0.1%	0-600	± 3°C		1	1°C or [1+0.003 *(t-1100)]
					SP	± 1.5°C or ± 0.25%	600-1600	± 5°C		2	1.5°C or 0.0025* t
K	0-1000	0.4	± 1.5°C or ± 0.4%	0-1250	SP	± 1.1°C or ± 0.4%	0-400	± 3°C	-1040	1	1.5°C or 0.004* t
	0-1200	0.75	± 2.5°C or ± 0.75%		STD	± 2.2°C or ± 0.75%	400-1200	± 0.75°C	-1240	2	2.5°C or 0.0075* t
	-200	1.5	± 2.5°C or ± 1.5%	-200		± 2.2°C or ± 2%			-240	3	2.5°C or 0.015* t
E	0-800	0.4	± 1.5°C or ± 0.4%	0-900	SP	± 1°C or ± 0.4%	-	-	-1040	1	1.5°C or 0.004* t
		0.75	± 2.5°C or ± 0.75%		STD	± 1.7°C or ± 0.5%			-1240	2	2.5°C or 0.0075* t
	-200	1.5	± 2.5°C or ± 1.5%	-200	STD	± 1.7°C or ± 1%			-240	3	2.5°C or 0.015* t
J	0-750	0.4	± 1.5°C or ± 0.4%	0-750	SP	± 1.1°C or ± 0.4%	0.400	± 3°C	-790	1	1.5°C or 0.004* t
		0.75	± 2.5°C or ± 0.75%		STD	± 2.2°C or ± 0.75%	400-900	± 0.75°		2	2.5°C or 0.075* t
T	0-350	0.4	± 0.5°C or ± 0.4%	0-350	SP	± 0.5°C or ± 0.4%	0-400	± 3°C	-390	1	0.5°C or 0.004* t
		0.75	± 1°C or ± 0.75%		STD	± 1°C or ± 0.75%	400-600	± 0.75°		2	1°C or 0.0075* t
	-200	1.5	± 1°C or ± 1.5%	-	STD	± 1°C or ± 1.5%			-240	3	1°C or 0.015* t