HT-THERMIC

Ultra-high Temperature Thermocouple 超高溫 熱電對

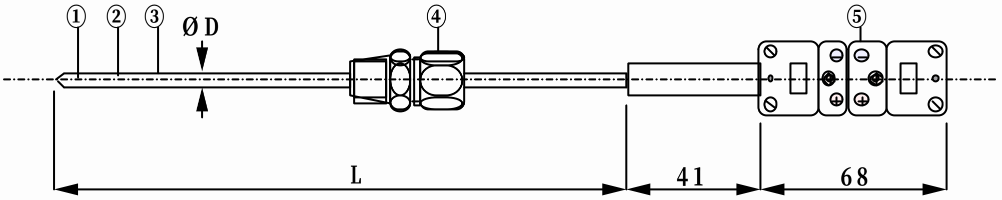
HT-THERMIC® 하이-써믹이란 무엇일까?

하이-써믹은 초고온 하에서 사용하기 위하여 보호관과 소선 사이에 불활성 가스를 넣은 열전대를 칭하는 일본 야마리(山里 : YAMARI)사의 등록상표입니다. 하이-써믹은 일본 야마리에서 처음으로 유일한 완벽한 공정을 통하여 개발되었고, 2,000℃까지의 고온 측정 시 장시간 우수한 안정성을 유지하므로 고온 열처리에 사용하는 저명한 센서로의 명성을 갖게 되었습니다. (주)한샘계기는 이미 기술 이전을 통해 초고온 열전대의 가격, 성능, 품질 등의 장점을 고객에게 드리고 있습니다.

HT-THERMIC® 하이-써믹의 표준형

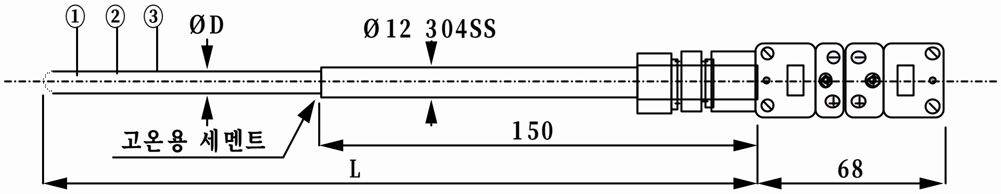
단위 : mm

HT.1


①
②
③
ØD
④
⑤
L
41
68

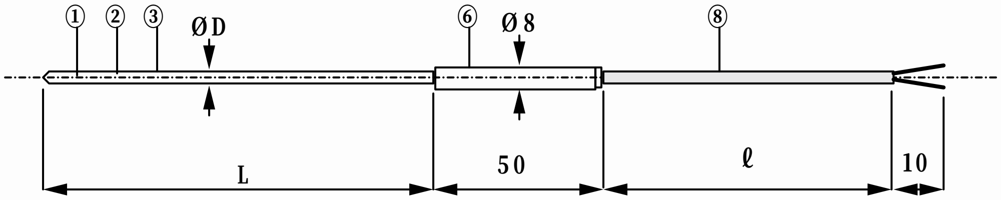
ORDER CODE 주문 코드	Type	①소선	②절연관	③보호관/외경	길이	④압착 휫팅
	HT.1	W5	BE300(P SO)	M6.4	800	TCF642

HT.2


①
②
③
ØD
Ø12 304SS
고온용 세멘트
150
L
68

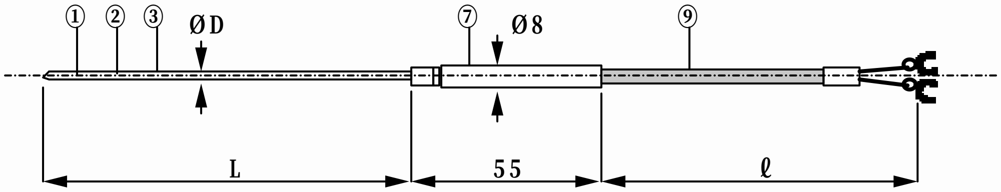
ORDER CODE 주문 코드	Type	①소선	②절연관	③보호관/외경	④길이	
	HT.2	B	P SO	PT08.0	510	

HT.3


①
②
③
ØD
⑥
Ø8
⑧
L
50
ℓ
10

ORDER CODE 주문 코드	Type	①소선	②절연관	③보호관/외경	길이	리드선
	HT.3	W5	P SO	M4.8	500	3,000

HT.4


①
②
③
ØD
⑦
Ø8
⑨
L
55
ℓ

ORDER CODE 주문 코드	Type	①소선	②절연관	③보호관/외경	길이	리드선
	HT.4	W5	P SO	N1.6	500	1,000

① 소선

종류	구성		표준	사용온도 ℃	급수	허용오차	소선경 Ømm	적용 표준Type
	+측	-측						
W5	W5% +Re	W26%+ Re	HOSKINS	400 2,300	-	±1%	0.5	HT1 · HT2 · HT3
							0.25	HT4
W3	W3% +Re	W25%+ Re	HOSKINS	400 2,300	-	±1%	0.5	HT1 · HT2 · HT3
							0.25	HT4
B	Pt30% +Rh	Pt6% +Rh	JIS C 1602	600 1,700	0.5	±4℃또는±0.5%	0.5	HT2
			ANSI MC 96.1	600 1,700	표준	±0.5%		

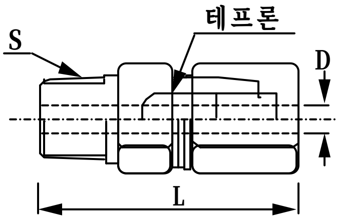
② 절연관

코드	재질	최고온도
PSO	재결정 알루미나 (Al_2O_3)	1,800℃
BE	재결정 베릴리아 (BeO)	2,000℃
MG	소결(燒結) 마그네시아 (MgO)	1,600℃

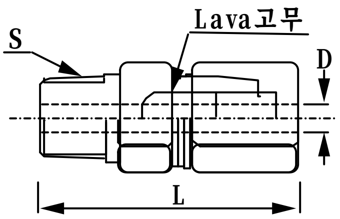
③ 보호관

코드	재질	최고온도	최대길이	외경	표준Type
MO	몰리브데늄 Molybdenum	2,100℃	1,000mm	6.4	HT1 · HT3
				4.8	HT1 · HT3
				1.6	HT4
TI	탄타륨 Tantalum	2,100℃	1,000mm	4.8	HT1 · HT3
				1.6	HT4
NB	니오비움 Niobium	2,000℃	1,000mm	4.8	HT1 · HT3
				1.6	HT4
PTO	재결정 알루미나 (Al_2O_3)	1,800℃	1,000mm	8.0	HT2
BE	재결정 베릴리아 (BeO)	2,200℃	500mm	6.4	HT2
ZR	무공(無孔) 지르코니아 Nonporous Zr	2,100℃	600mm	6.4	HT2

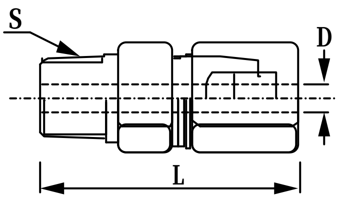
④ Compression Fittings



Material=304 SS 표준=HT1



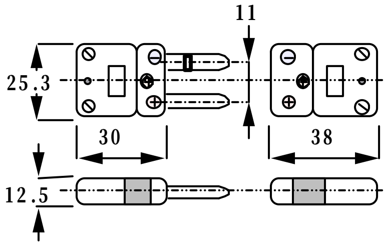
Material=304 SS 표준=HT1



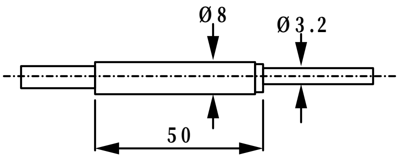
Material=316 SS 표준=HT2

Type	D	S	L	Type	D	S	L	Type	D	S	L
TCF 481	4.8	PT1/8	33	LCF 481	4.8	PT1/8	33	MCF 123	12	PT3/8	52
TCF 482	4.8	PT1/4	35	LCF 482	4.8	PT1/4	35	MCF 124	12	PT1/2	60
TCF 642	6.4	PT1/4	35	LCF 642	6.4	PT1/4	35	MCF 126	12	PT3/4	60

⑤ D형 콘넥터

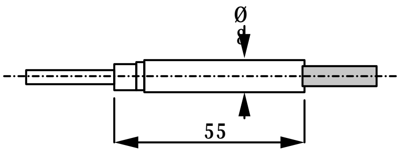

11
25.3
30
38
12.5

⑥ 중간온도 Transition



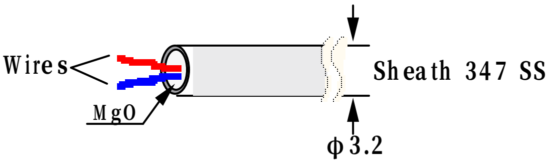
진공이나 대기중에 사용함.
최고 600℃ W5
최고 260℃ W3

⑦ 낮은온도 Transition



로(爐)외부 공기에 사용 습기
침투를 막기 위해 SS 스리브에
에폭시를 채움, 최고120℃

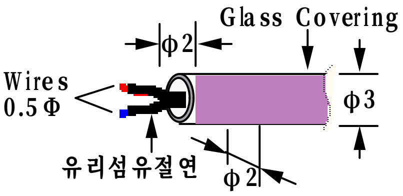
⑧ MI 보상 시스


Wires
MgO
Sheath 347 SS
ϕ3.2

W/Re 열전대 전용.
열과 부식에 강하며
유연성이 높다.

종류	사용온도	허용오차
W5	0 870℃	±0.11mV
W3	0 260℃	±0.11mV

⑨ 보상도선


Glass Covering
ϕ2
Wires
0.5Φ
ϕ3
유리섬유절연
ϕ2

W/Re 열전대 전용.
소선은 유리 섬유를 꼬아서 절연.
HT1, HT2, HT3 Type의 MI-Cable과 연결 가능. 공차 : ±0.111nV(W5, W3경우)
사용온도 : 최고200℃

HT-THERMIC ® 하이-써믹의 소선, 절연관, 보호관

일반적으로, 고온의 다양한 로(爐)나 용기 안에 반복해서 발생 하도록, 분해되기 쉬운 합성물의 생성을 촉진하는 진공 또는 환원 분위기의 저온에서 조차, 화학 반응 및 분열을 기대하지 않는 것이 통상입니다. 열전대 자체로, 조립 부품 사이의 접촉에 의한 반응 또는 증발 요소에 의한 증발 단계의 반응이 자주 발생되며, 결과적으로 열전대는 질이 떨어집니다. 이런 현상은 산소, 습기 또는 불순물의 흔적이 있으면 크게 가속화 됩니다. 따라서, 자재 선정 및 품질 관리는 열전대의 성능 및 수명을 결정하는 필수 요소입니다.

하이-써믹 소선

하이-써믹용 소선은 주위 환경 및 온도 범위에 따라 주의해서 선정해야 합니다. 소선의 종류는 B, W3, W5가 많이 쓰입니다. 원자력 발전소 같은 극단적 환경에는 특별한 소선으로, Pt5%Mo/Pt0.1% Mo, Mo-Nb, Ni18%Mo/Ni등 다양한 종류가 있으며 주문에 의한 공급이 가능합니다.

종류	분위기	특 징
W5	환원,비활성 진공,원자력	물러지는 것을 막고 기계적 충격을 개선하기 위해, Re(래늄)을 양극에 첨가한다. 어닐링(담금질)에 의해, 1650℃까지 무르지 않고, 초기 기전력 변동을 해결한다. 고온에서 원자력에 사용되나 산소 친화력 때문에 공기 또는 다른 산화 분위기에서는 사용하지 못합니다.
W3	환원,비활성 진공,원자력	W5 경우와 같이 텅스텐 소선의 부서짐을 막기 위해 원천적으로 개발되었습니다. 1,100 2,300℃내 텅스텐 래늄 열전대 중 가장 기전력이 높으나 W5 보다 선형성이 떨어집니다.
B	산화, 비활성	중성자 흡수 단면이 크고 쉽게 파라듐(Palladium)으로 변형되는 로듐의 함량이 많기 때문에 원천적으로 원자력 적용에는 적합치 않습니다. 산화 및 비활성 분위기에 강합니다.

소선의 특성

종류	구성	상용 온도	용융점 ℃ (熔融點)	기전력 (㎶)	열팽창 계수	인장강도	저항률(底抗率) (μΩ/cm)	표준 및 정도
W5	W5%Re	0~ 2,300℃	3,350℃	8.8/℃at 2,316℃	-	21,700kg/㎠	18.0/0~100℃	±1%
	W26%Re		3,120℃		3.9x10^{-6}/ 20 1,983℃	21,300kg/㎠	30.9/0~100℃	
W3	W5%Re	0~ 2,300℃	3,360℃	9.9/℃at 2,316℃	-	21,700kg/㎠	9.5/0~100℃	±1%
	W5%Re		3,120℃		3.9x10^{-6}/ 20 1,983℃	21,300kg/㎠	30.9/0~100℃	
B	W5%Re	600~ 1,700℃	1,927℃	11.7/℃ 1,600℃	8.9x10^{-6}/ 20 1,800℃	4,900kg/㎠	19.0/0~100℃	ANSI MC96.1 JIS C1602 ±0.5%
	W5%Re		1,826℃		9.1x10^{-6}/ 20 1,800℃	2,800kg/㎠	17.5/0~100℃	

절연관

1,200℃이상 고온에서 사용시, MgO 또는 Al2O3 가루 절연관의 저항률 저하로 알루미나 또는 베릴리아의 고순도 소결 절연관이 사용됩니다.

종류	구성	순도(純度)	최고온도	용융점 ℃ (熔融點)	비열 (Cal/℃)	열전도도 Cal $cm^{-1}℃^{-1}s^{-2}$
PSO	재결정 알루미나	>99.7%Al_2O_3	1,800℃/ 1KΩ.cm	2,050 ±20	0.26/ 20~1,000℃	0.014/1,000℃
BE	재결정 베릴리아	>99.5%BeO	2,000℃/ 1KΩ.cm	2,550 ±20	0.50/ 20~1,000℃	0.046/1,000℃
MG	소결(燒結) 마그네시아	>99.5%MgO	2,200℃/ 1KΩ.cm	2,800 ±20	0.25/ 20~1,000℃	0.016/1,000℃

보호관

적절한 보호관의 선택은 열전대 자체의 재현성 및 수명을 결정하는 가장 중요한 요소입니다. 그러므로, 특히 고온 하에서 열전대 자재와 환경 사이에 자주 발생하는 화학 반응으로 인해 악화되는 환경 조건에 대한 폭넓은 지식이 요구됩니다.

재질의 특성

코드	재질	용융점 ℃	선영 확장계수 $(X10^{-6})$	열전도도 Caℓ、$cm^{-1}℃^{-1}$、S^{-1}	최고온도 ℃	적절한 분위기
MO	몰리브덴(Mo)	2,622 ±10	7.2/2,000℃	0.328	2,100	V · R · N
TA	탄타룸(Ta)	2,850 ±10	6.6/2,000℃	0.130	2,100	V · N(Ar,He)
NB	니오비움(Nb)	2,415 ±15	9.0/2,000℃	0.132	2,000	V · N(Ar,He)
PTO	재결정알루미나(Al_2O_3)	2,050 ±20	8.6/1,000℃	0.014	1,800	R · N · O
BE	재결정베릴리아(BeO)	2,550 ±20	8.9/1,000℃	0.046	2,200	V · R · N · O
ZR	무공지르코니아(ZrO_2)	2,300 ±20	10.0/1,000℃	0.010	2,100	N · O

다양한 분위기에서 열저항 금속의 안정도

분위기	Mo 몰리브덴	Ta 탄타늄	Ni 니오비움
공기 또는 산소가 함유된 가스	400 500℃:산화 800℃이상:기화	500℃이상에서 산화와 질화가 증가.	200℃이상에서 산화와 질화가 됨.
마른 수소 (약 0.5g H_2O/㎥)	용융점 까지 화학 반응이 없음.	400 800℃: 수소화물 증가. 용융점까지 부식이 없음.	200℃:수소와 결합 1,900℃:수소화 물이 증가, 물질이 물러짐.
축축한 수소 (약 20g H_2O/㎥)	1,400℃까지 산화 되지 않으나 결정체가 증가.	450℃이상에서 많은 수소화물 증가, 산화 발생.	200℃:수소와 결합 1,900℃:수소와 물이 증가, 물질이 물러짐.
분해된 마른 NH_3	용융점까지 부식이 없음.	400℃이상에서 수소화물과 질소화물이 증가하고 완전한 질소화물이 생성됨.	200℃ 이상일 때 수소화물과 질소화물이 증가.
불완전하게 연소된 마른 NH_3	"	"	200℃이상에서 수소화물 증가, 400℃이상에서 NH3가 분해되고 질화됨.
마른 불활성 기체 (알곤, 헬륨등)	"	용융점까지 부식이 없음.	1,900℃의 헬륨 공간에서 결정체가증가하고물질이 물러짐.
진공 : 10^{-3}torr 10^{-4}torr	1,700℃이상에서 부식이 없고 1,800℃이상에서 많은 양이 기화됨.	점점 물러지다가 2,200℃가 넘어가면 기화함.	"Getter Effect"에 의해 물러짐. 용융점까지 조금씩 기화됨.
화학 반응이 일어나지 않는 분위기	고온 환원 및 불활성 가스 분위기나 저진공(산소 없음)	불활성 가스, 고온 고진공(산소 없음)	불활성 기체, 고온 및 진공은 900℃까지, 특히 Na과 Li 가스 속.

고온에서 금속과 절연재 사이의 화학반응

내화재 또는 절연재	Mo 몰리브덴	Tu 텅스텐	Ta 탄타늄
Graphite	1,200℃를 넘을경우: 빠르게 탄화물이 증가.	1,400℃를 넘을경우: 빠르게 탄화물이 증가.	1,000℃를 넘을경우: 빠르게 탄화물이 증가.
Al2O3	1,900℃까지: 화학 반응 없음.	1,900℃까지: 화학 반응 없음.	1,900℃까지: 화학 반응 없음.
BeO	1,900℃까지: 화학 반응 없음.	2,000℃까지: 화학 반응 없음.	1,600℃까지: 화학 반응 없음.
MgO	1,800℃까지: 화학 반응 없음.	2,000℃까지: 화학 반응 없으나 많은 양의 MgO가 기화됨.	1,800℃까지: 화학 반응 없음.
ZrO2	1,900℃까지: 화학 반응 없으나 많은 양의 Mo가 기화됨.	1,600℃까지: 화학 반응 없음.	1,600℃까지: 화학 반응 없음.
ThO2	1,900℃까지: 화학 반응 없음.	2,200℃까지: 화학 반응 없음.	1,900℃까지: 화학 반응 없음.
Silimanite	1,700℃까지: 화학 반응 없음.	1,700℃까지: 화학 반응 없음.	1,600℃까지: 화학 반응 없음.
Chamotte Beick	1,200℃까지: 화학 반응 없음.	1,200℃까지: 화학 반응 없음.	1,200℃까지: 화학 반응 없음.
Magnesite Brick	1,600℃까지: 화학 반응 없음.	1,600℃까지: 화학 반응 없음.	1,500℃까지: 화학 반응 없음.

주의 : * 표는 10^{-4}torr(기체의 압력 단위로 1/760 기압)값.
100 200℃ 보다 낮은 보호 분위기 내.