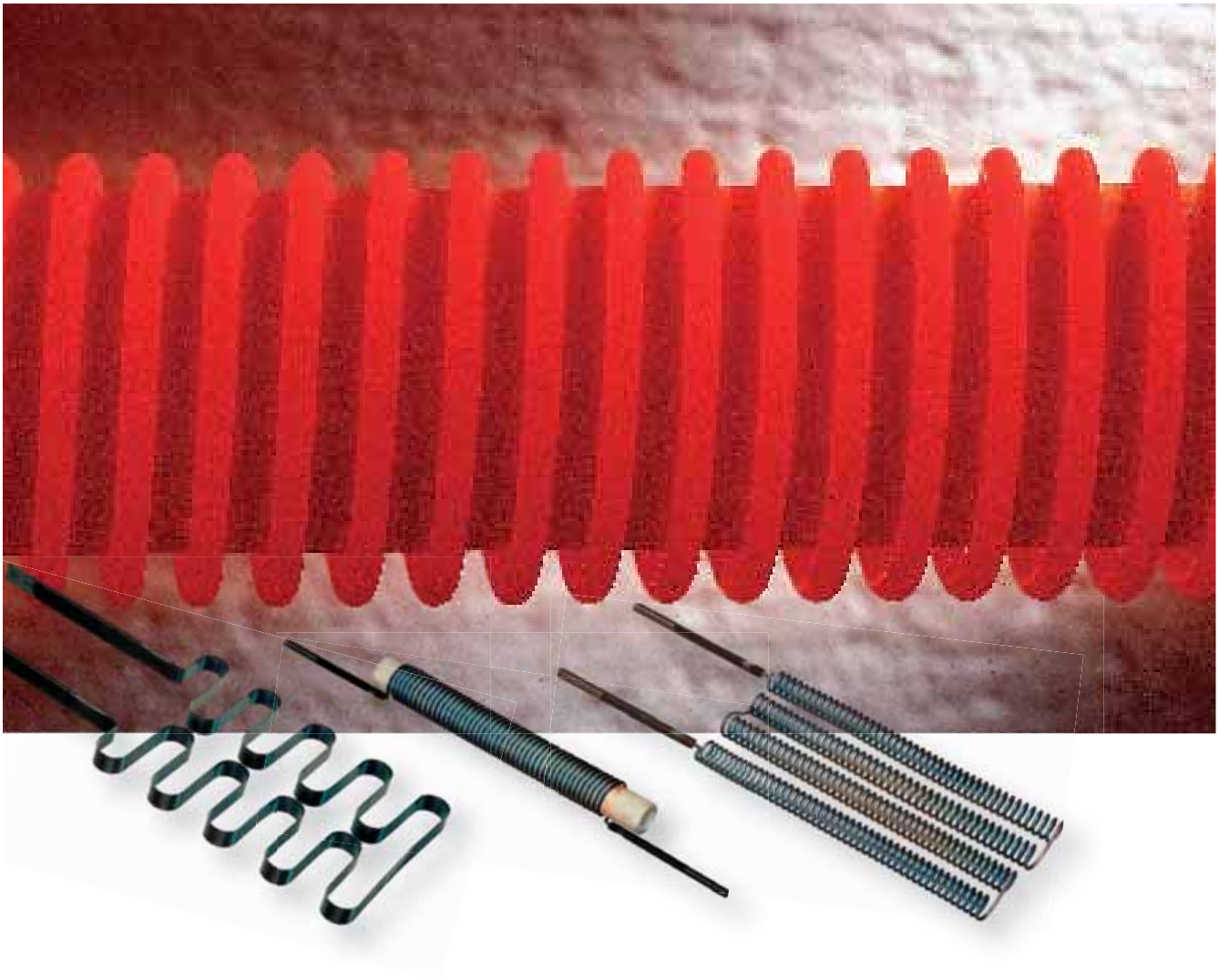
KANTHAL

Stopy Oporowe oraz Systemy Grzejne dla Pieców Przemysłowych

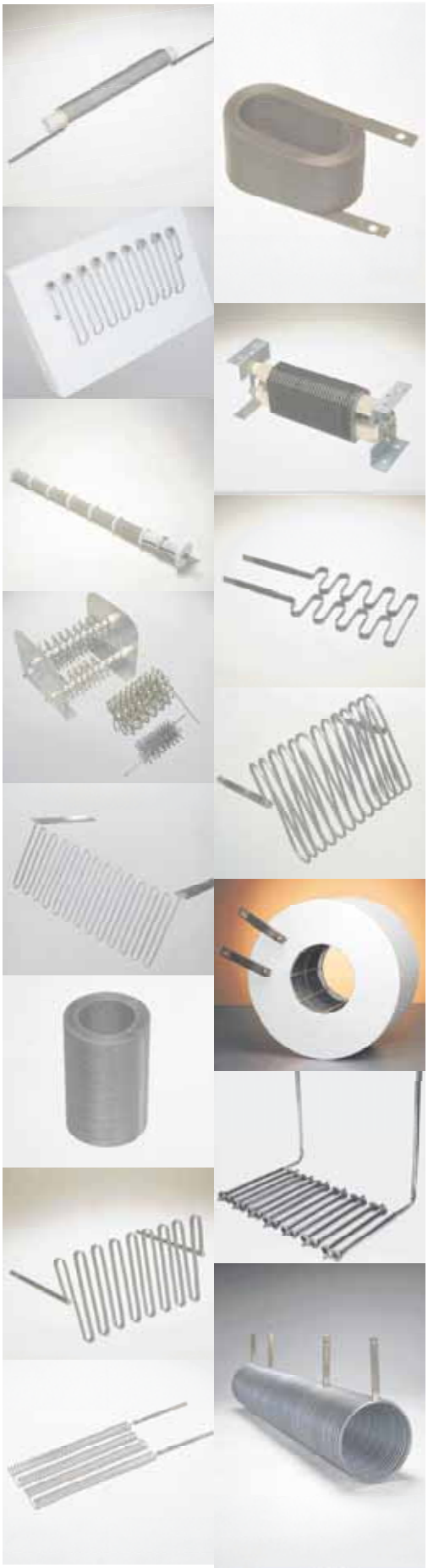


Wydrukowano w Polsce przez HAPIO,
2005-08-29
Katalog Nr 1-A-5B

KANTHAL

Stopy Oporowe oraz Systemy Grzejne dla Pieców Przemysłowych

Spis treści	**Strona**



Elementy grzejne firmy Kanthal

Broszura ta zawiera dane techniczne oporowych stopów grzejnych typu KANTHAL (ferrytyczne) oraz typu NIKROTHAL (austenityczne).

Ponadto, znajdziecie tu Państwo informacje dotyczące konstrukcji elementów grzejnych do pieców przemysłowych, systemów zawieszania tych elementów na ścianach pieca, a także izolacyjnych wykładzin pieca. Pokrótce, przedstawione zostały rury promieniujące wykonane z materiału Kanthal APM.

Szersze informacje na ten temat znajdują się w oddzielnym katalogu firmy Kanthal.

Najnowsze dane dotyczące produktów firmy Kanthal oraz ich zastosowania znajdują się na naszej stronie internetowej **www.kanthal.com/pl**

Firma Kanthal służy pomocą przy:

- doborze odpowiedniego typu elementu grzejnego, materiału, z którego ma być wykonany, jego systemu zawieszenia oraz materiałów izolacyjnych,
- dostawie kompletnych elementów grzejnych gotowych do montażu,
- modernizacji elektrycznych pieców oporowych zgodnie z najnowszą technologią grzejnictwa dla osiągnięcia największej wydajności i efektywności pieca,
- wymianie dotychczasowych rur promieniujących na rury ze stopu Kanthal APM zarówno w piecach elektrycznych, jak i gazowych oraz przy dostawie kompletnych systemów rekuperacyjnych z palnikiem i katalizatorem gazów spalania.

Stale podnosimy poziom produkcji elementów grzejnych abyśmy mogli wytwarzać je według każdej specyfikacji.

Zapewniamy krótkie terminy dostaw wraz z obsługą klienta na najwyższym poziomie.

KANTHAL czy NIKROTHAL?

Wyróżniamy dwa zasadnicze typy stopów używanych do elektrycznego grzejnictwa oporowego. Stop nikiel-chrom (przykładowo 80% Ni, 20% Cr) dał początek oporowemu grzejnictwu elektrycznemu na przełomie XIX i XX wieku na skalę przemysłową.

W latach 30-tych XX wieku opracowany przez firmę Kanthal nowy stop żelazo-chrom-aluminium przewyższył swą żywotnością oraz maksymalną temperaturą pracy dotychczasowy stop nikiel-chrom. Oba te typy stopów posiadają charakterystyczne właściwości, a także wady i zalety. Dostarczane są w kilku różnych formach i gatunkach, dzięki czemu posiadają różne zastosowania. Firma Kanthal wytwarza zarówno stop pod nazwą NIKROTHAL (nikiel-chrom) oraz stop znany jako KANTHAL (żelazo –chrom -aluminium).

Stop KANTHAL poprzez lepsze właściwości oraz dłuższą żywotność znacznie przewyższa stop NIKROTHAL. Ponadto, jest to standardowy materiał przy doborze stopu na metaliczne elementy grzejne do pieców przemysłowych. Najważniejsze zalety stopu KANTHAL (w porównaniu ze stopem NIKROTHAL) to:

- wyższa maksymalna temperatura pracy, która wynosi 1425 ° C (w przypadku stopu NIKROTHAL temperatura ta wynosi 1250° C),
- 2 – 4 razy dłuższa żywotność
- możliwość większego powierzchniowego obciążenia cieplnego
- większa oporność właściwa
- mniejszy ciężar właściwy
- trwalsza tlenkowa warstwa ochronna przeciwdziałająca łuszczeniu się elementu, co zapobiega zanieczyszczeniu wsadu piecu oraz zwarciom między zwojami spiral, prowadzącym do ich uszkodzeń.

Istotną zaletą dla użytkownika pieca jest zużywanie się mniejszej ilości tańszego materiału oraz dłuższa żywotność elementów grzejnych. Obrazowo przedstawia to tabela 1.
Aby osiągnąć temperaturę roboczą 1000 ° C w piecu przemysłowym, elementy grzejne zasilane napięciem sieciowym powinny posiadać moc 120 kW. Do wykonania ich z drutu o średnicy 5,5 m potrzeba aż 44,4 kg drutu Nikrothal N80 a tylko 29,6 kg drutu Kanthal AF. Oszczędność na wadze wynosi 33%. Ponadto, mniejszy ciężar elementów pozwala dodatkowo oszczędzić na kosztach systemów zawieszenia elementu grzejnego. W przypadku konieczności uzyskania większej wytrzymałości mechanicznej przez elementy grzejne w stanie gorącym, stop Nikrothal posiada lepsze właściwości od stopu Kanthal. Jednakże, dzięki opracowanemu przez firmę Kanthal stopowi typu Kanthal APM, można stosować go zamiennie z NiCr, uzyskując porównywalną wytrzymałość mechaniczną.

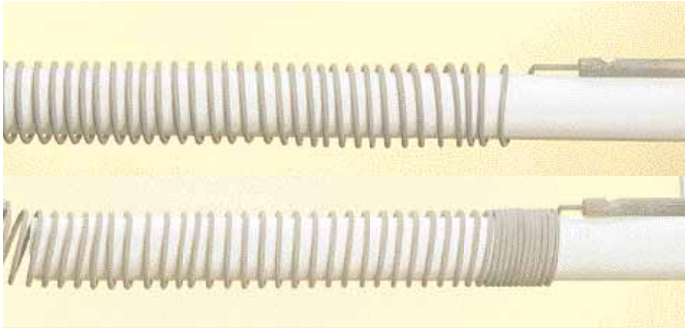
Tabela 1. Piec o mocy 120 kW wyposażony w trzy elementy wykonane w systemie R.O.B. z grubego drutu grzejnego, zawieszonego na kołkach zainstalowanych ścianie.

Dane elementu	NiCr 80/20	KANTHAL AF
Temperatura pieca, °C	1000	1000
Temperatura elementu, °C	1068	1106
Rezystancja w stanie gorącym, R_w	3.61	3.61
Współczynnik temperaturowy, C_t	1.05	1.06
Rezystancja w stanie zimnym, R_{20}	3.44	3.41
Średnica drutu, mm	**5.5**	**5.5**
Obciążenie powierzchniowe, W/cm^2	3.09	3.98
Długość drutu, m	224.9	174.6
Waga drutu, kg	**44.4**	**29.6**

Oszczędność na wadze: $\frac{44.4-29.6}{44.4} = 33\%$ $\frac{98-65}{98} = 33\%$

Stop grzejny Kanthal APM

Kanthal APM jest materiałem oporowym stosowanym w wysokich temperaturach. Stosowany wszędzie tam gdzie konwencjonalne gatunki stopów oporowych nie wytrzymują warunków pracy powodując ich deformację i korozję termiczną objawiającą się łuszczeniem się warstwy tlenkowej, zbieganiem się zwojów, itp.
Takie wyjątkowe cechy materiału APM zainicjowały szereg nowych zastosowań tam gdzie obecnie metaliczne elementy grzejne nie są używane.



Porównanie wyglądu spirali pomiędzy Kanthal APM (górna) oraz konwencjonalnej wykonanej ze stopu FeCrAl (dolna) po 1250 godzinach pracy w temperaturze 1225 °C

Największe zalety stopu Kanthal APM to:

Podwyższona wytrzymałość cieplna dająca:
- znacznie lepszą stabilność kształtu elementu grzejnego
- mniejsze wymagania odnośnie konieczności podparcia (zawieszenia) elementu grzejnego
- niewielką zmianę oporności (starzenie się)

Znakomita przyczepność ochronnej warstwy tlenkowej, która zapewnia:
- dobrą ochronę w większości atmosfer pieca, a w szczególności w atmosferach korozyjnych
- brak łuszczenia i powstania zanieczyszczeń
- dłuższa żywotność elementu

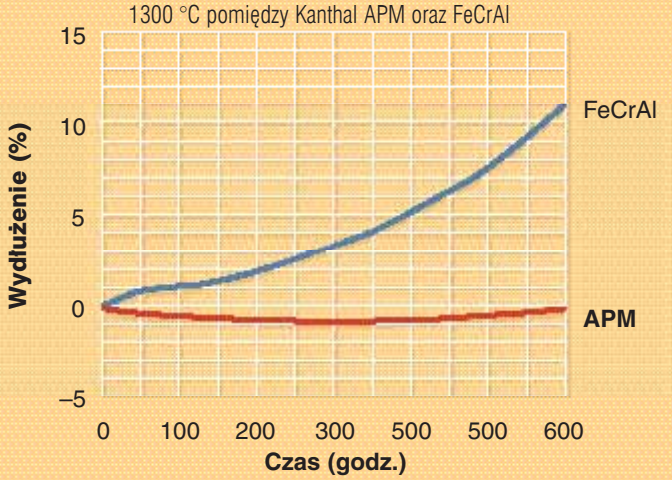
Wytrzymałość na pełzanie

	Temperatura	
Czas (godz.)	1000°C	
	MPa	
100	5.6	
1000	3.4	
10000	2.2	

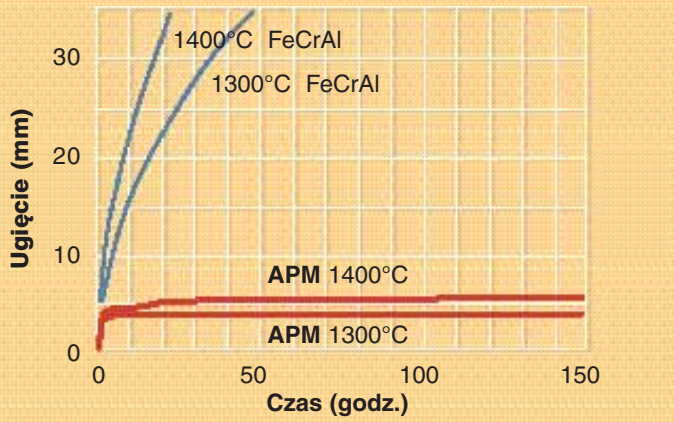
	Temperatura	
Czas (godz.)	1200°C	
	MPa	
100	3.3	
1000	1.6	
10000	0.7	

	Temperatura	
Czas (godz.)	1400°C	
	MPa	
100	1.3	
1000	0.5	
10000	0.2	

Rysunek 1. Porównanie wydłużenia cieplnego w czasie przy temperaturze 1300 °C pomiędzy Kanthal APM oraz FeCrAl



Rysunek 2. Test ugięcia drutu 9.5 mm między podparciem w odległości 300 mm w temperaturze 1300 °C oraz 1400 °C.



Właściwości fizyczne i mechaniczne

Stop KANTHAL oraz NIKROTHAL zasadniczo są dostępne w postaci drutów i taśm.
Ich właściwości fizyczno –chemiczno –wytrzymałościowe przedstawia poniższa tabela:.

Tabela 2. KANTHAL i NIKROTHAL, Taśmy i Druty

		KANTHAL APM	KANTHAL A-1	KANTHAL AF	KANTHAL D	NIKROTHAL 80	NIKROTHAL 70	NIKROTHAL 60	NIKROTHAL 40
Maks. temperatura pracy ciągłej °C		1425	1400	1300	1300	1200	1250	1150	1100
Skład chemiczny, %	Cr	22	22	22	22	20	30	15	20
	Al	5.8	5.8	5.3	4.8	–	–	–	–
	Fe	Reszta	Reszta	Reszta	Reszta				
	Ni	–	–	–	–	80	70	60	35
Oporn. właść. przy 20°C, $\Omega mm^{-2}m^{-1}$		1.45	1.45	1.39	1.35	1.09	1.18	1.11	1.04
Ciężar właściwy, g/cm^3		7.10	7.10	7.15	7.25	8.3	8.1	8.2	7.9
Współczynnik rozszerzalności cieplnej, K^{-1}									
20-750°C,		*14.10^{-6}*	*14.10^{-6}*	*14.10^{-6}*	*14.10^{-6}*	*17.10^{-6}*	*16.10^{-6}*	*16.10^{-6}*	*18.10^{-6}*
20-1000°C,		*15.10^{-6}*	*15.10^{-6}*	*15.10^{-6}*	*15.10^{-6}*	*18.10^{-6}*	*17.10^{-6}*	*17.10^{-6}*	*19.10^{-6}*
Przewodność ciepła przy 20°C W m^{-1} K^{-1}		13	13	13	13	15	13	13	13
Właściwa pojemność cieplna KJ kg^{-1} K^{-1}, 20°C		0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.50
Punkt topnienia, °C		1500	1500	1500	1500	1400	1380	1390	1390
	°F	*2730*	*2730*	*2730*	*2730*	*2550*	*2515*	*2535*	*2535*
Własności mechaniczne *									
Wytrzym. na rozciąganie, N mm^{-2}		680	680	680	680	750	875	750	750
	N mm^{-2}	445	445	445	445	450	450	450	450
Twardość, Hv		230	230	230	230	180	185	180	180
Wydłużanie przy zerwaniu, %		19	19	19	19	30	30	30	30
Wytrz. na rozciąg. przy 900°C, Nmm^{-2}		40	34	37	34	100	120	100	120
Wytrz. na pełzanie przy 800°C, N mm^{-2}		14	6	8	6	15	15	15	20
	1000°C, N mm^{-2}	1.8	1	1.5	1	4	4	4	4
Właść. magnetyczne						Brak	Brak	Małe	Brak
Emisyjność przy całk. utlenieniu		0.70	0.70	0.70	0.70	0.88	0.88	0.88	0.88

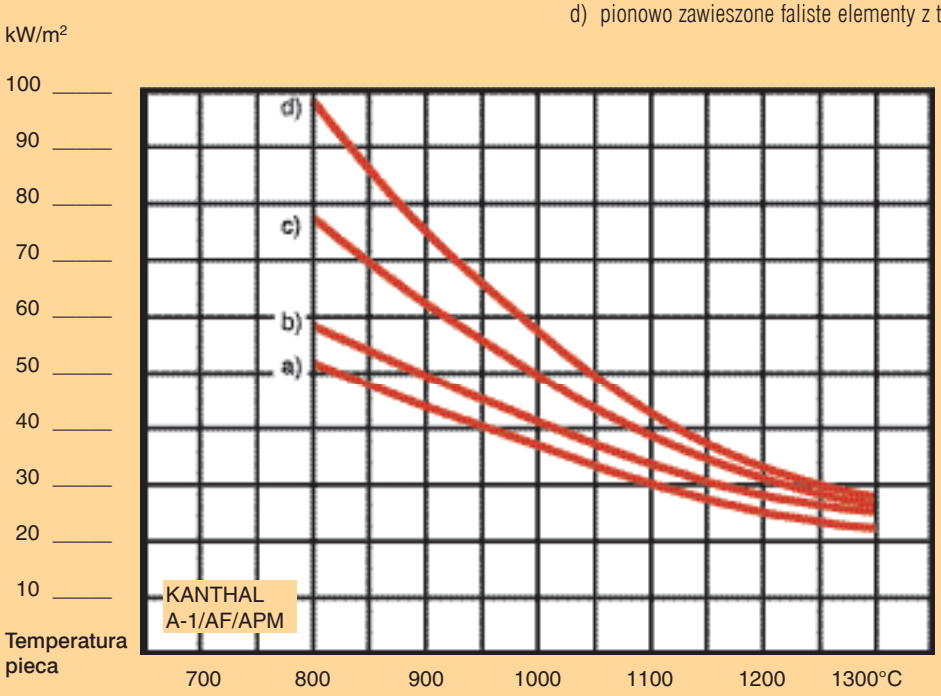
* Wartości dotyczą drutu o średnicy 4mm dla stopów Kanthal oraz 1mm dla stopów Nikrothal

Obciążenie cieplne ścian pieca

Rysunek 3 przedstawia maksymalnie dopuszczalne obciążenie cieplne ścian dla czterech różnych typów elementów. Prosimy zwrócić uwagę, że obciążenie cieplne ścian zależy zarówno od typu elementu jak również od cieplnego obciążenia powierzchniowego tego elementu. Im niższe obciążenie powierzchniowe, tym dłuższa żywotność elementu. Opis czterech typów elementów znajduje się na stronie 7.
Należy zwrócić szczególną uwagę na zabezpieczenie przed przegrzaniem elementów grzejnych umieszczonych w trzonie pieca. Przykładowo, przy płycie trzonu o przewodności cieplnej 1 W/mK i grubości 15mm oraz obciążeniu cieplnym trzonu pieca na poziomie 15 kW/m^2, różnica temperatur na grubości płyty wynosi 225° C.
Różnica pomiędzy temperaturą pieca a temperaturą elementów grzejnych umieszczonych w trzonie pod płytą wynosiłaby wówczas 375° C. Przykład ten ilustruje znaczenie doboru materiału na płytę trzonu pieca. Powinien to być materiał o dobrej przewodności cieplnej, np. węglik krzemu lub stal żaroodporna. Ponadto, oprócz kontroli temperatury komory grzejnej pieca zalecamy stosowanie oddzielnego termoelementu do pomiaru temperatury elementów w trzonie pieca.

Rysunek 3. Zalecane maksymalne obciążenie ścian w funkcji temperatury pieca dla różnych typów elementów:

a) elementy z drutu i taśmy w rowkach
b) elementy z drutu na rurkach ceramicznych
c) pionowo zawieszone faliste elementy z drutu
d) pionowo zawieszone faliste elementy z taśmy



Powierzchniowe obciążenie cieplne elementów grzejnych

Zakładając, że stopy KANTHAL mogą pracować w wyższych temperaturach niż stopy NIKROTHAL, mogą one, zatem osiągać wyższe obciążenie cieplne bez narażenia na obniżenie ich trwałości. Znaczenie ma tu również konstrukcja elementu grzejnego. Im większą swobodę wypromieniowania ciepła zapewnia konstrukcja, tym wyższe jest jego maksymalnie dopuszczalne obciążenie powierzchniowe. Dlatego też elementy faliste, wykonane z grubego drutu i swobodnie zawieszone na ścianie mają najwyższe dopuszczalne cieplne obciążenie powierzchniowe. Kolejnymi tego typu elementami są elementy wykonane z taśmy, następnie elementy spiralne na rurkach ceramicznych, a na końcu elementy z drutu lub taśm umieszczone w rowkach.
Dane na rysunku 4 podane są dla następujących typów elementów grzejnych.

Element typu „a”

Element z drutu i taśmy leżący w rowkach. Średnica drutu 3mm, grubość taśmy min. 2mm.

Element typu „b”

Element spiralny z drutu na rurce ceramicznej. Średnica drutu min. 3mm.

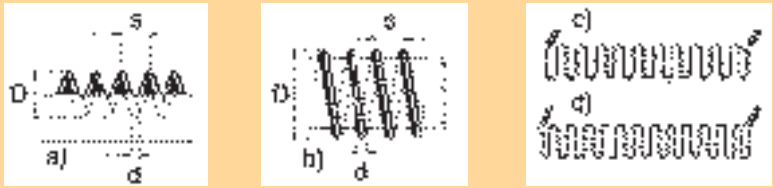
Element typu „c” (taśma) oraz „d” (gruby drut)

Grubość taśmy min. 2,5mm. Średnica drutu min. 5mm, skok fali min. 50mm przy maksymalnej wysokości fali zalecanej dla danej temperatury pracy:

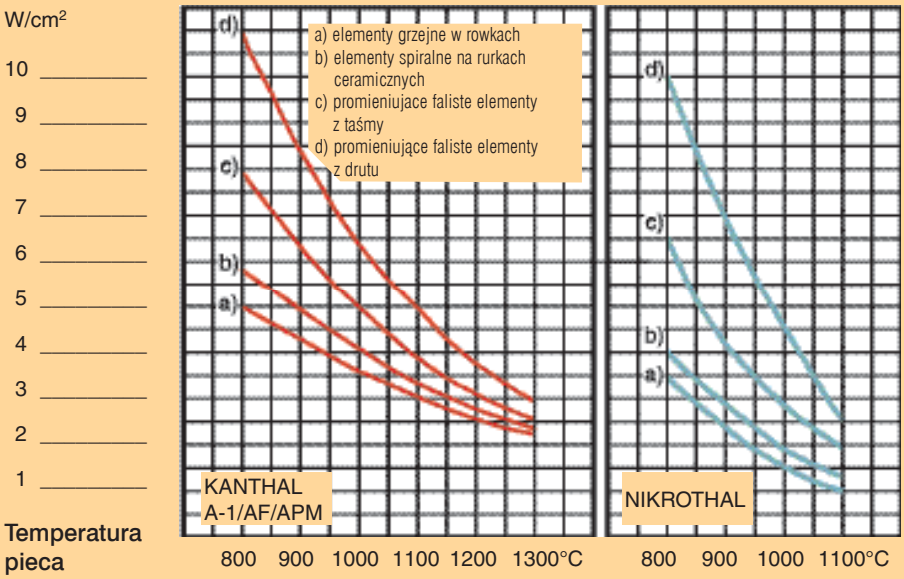
< 900°C	300 mm
1000° C	250 mm
1100° C	200 mm
1200° C	150 mm
1300° C	100 mm

Dla drutów o mniejszej średnicy min. 5mm oraz taśm o grubości poniżej 2,5mm stosuje się mniejsze wysokości fali a także mniejsze obciążenie cieplne, aby zapobiec deformacji elementu, a tym samym skróceniu jego żywotności.

Rysunek 4. Maksymalne zalecane obciążenie powierzchniowe dla stopu KANTHAL oraz NIKROTHAL w przemyśle cieplnym.



D = (5–8)d s = (2–3)d D = (10–14)d s = (3–6)d



Uwaga! Diagram jest ważny dla sterowania tyrystorowego. Dla kontroli typu „włącz – wyłacz” powinno zostać wybrane mniejsze powierzchniowe obciążenie (około 20%)

Żywotność i maksymalna dopuszczalna temperatura

Kiedy stop grzejny w czasie pracy wytwarza na powierzchni warstwę tlenkową, która chroni stop przed dalszym utlenianiem, warstwa tlenkowa musi być gęsta i zapobiegać dyfuzji gazów do stopu. Ponadto, powinna być cienka i dobrze przylegać do stopu przy zmianach temperatury.
W związku z powyższym, warstwa tlenkowa na stopach typu KANTHAL zdecydowanie przewyższa tę wytwarzaną na stopach NIKROTHAL, co zapewnia znacznie dłuższą żywotność elementom grzejnym wykonanym ze stopów KANTHAL. Rysunek 5 ilustruje porównanie żywotności obu tych stopów.
Poniżej przedstawiamy Państwu ogólne zalecenia, których spełnienie zapewnia osiągniecie optymalnej żywotności.

Stosuj stopy typu KANTHAL

Elementy grzejne wykonane ze stopów KANTHAL mają 2 –4 razy dłuższą żywotność niż te same elementy wykonane ze stopów NIKROTHAL. Im wyższa temperatura, tym większa różnica na korzyść stopów KANTHAL.

Stosuj nowoczesne sterowanie pracą elementów

Gwałtowne skoki temperatury elementów grzejnych obniża ich żywotność. Należy, zatem unikać sterowania typu „włącz –wyłącz" na rzecz sterowania elektronicznego np. tyrystorowego.

Dobieraj materiał o większej grubości

Grubość materiału (średnica drutu lub grubość taśmy) ma bezpośredni wpływ na żywotność materiału gdyż więcej materiału oznacza więcej składnika stopowego do formowania i regeneracji warstwy tlenkowej. A więc, w tym samych warunkach grubszy drut lub taśma mają dłuższą żywotność niż cieńsze materiały.

Dopasuj temperaturę elementu do atmosfery pieca

W tabeli 3 podane są typowe atmosfery pieca i ich wpływ na dopuszczalną temperaturę pracy elementów grzejnych w tych atmosferach.

Stopy NIKROTHAL nie powinny pracować w piecach z atmosferą ochronną zawierającą tlenek węgla (Co) ze względu na ryzyko wystąpienia tzw. „zielonej korozji" w temperaturze 800 – 950 °C.

Unikaj korozji pochodzących z substancji stałych, płynów i gazów

Uszkodzenie elementu grzejnego może być spowodowane przez różnego rodzaju zanieczyszczenia, tj. olej, kurz, osady węgla lub inne również lotne substancje.
Dla wszystkich stopów niklowych szkodliwa jest siarka. Chlor pod różną postacią jest szkodliwy zarówno dla stopów KANTHAL, jak i NIKROTHAL. Zachlapania topionych metali solą powoduje również skrócenie żywotności elementów grzejnych.

Rysunek 5. Porównanie żywotności (KANTHAL A-1 przy 1200°C.)

a) KANTHAL APM
b) KANTHAL A-1
c) KANTHAL AF
d) KANTHAL D
e) NIKROTHAL 80
f) NIKROTHAL 60
g) NIKROTHAL 40

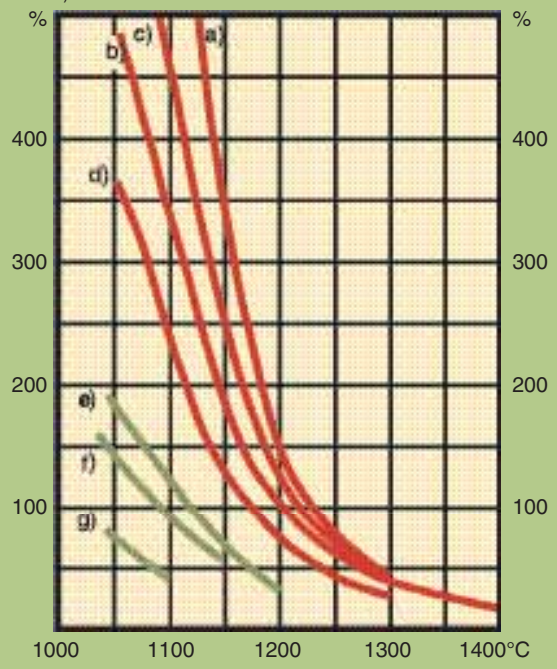


Tabela 3. Maksymalna dopuszczalna temperatura pracy elementów grzejnych w różnych atmosferach

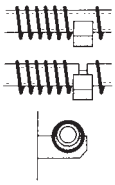
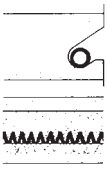
	KANTHAL A-1 i APM °C	KANTHAL AF °C	KANTHAL D C	NIKROTHAL 80 and 70 °C	NIKROTHAL 60 °C	NIKROTHAL 40 °C
Utlenianie:						
Powietrze suche	1400*	1300	1300	1200****	1150	1100
Powietrze wilgotne	1200	1200	1200	1150	1100	1050
Neutral:						
N_2, Nitrogen**	1200 1050	1250 1100	1150 1000	1250	1200	1150
Ar, Argon	1400*	1300	1300	1250	1200	1150
Exothermic: 10 CO, 15 H_2 5 CO_2, 70 N_2	1150	1150	1100	1100***	1100	1100
Redukcyjna:						
Endothermiczna: 20 CO, 40 H_2 40 N_2	1050	1050	1000	1100***	1100	1100
H_2, Hydrogen	1400*	1300	1300	1250	1200	1150
Wodór, amoniak: 75 H_2, 25 N_2	– –	– –	– –	1250	1200	1150
Próżnia:						
10^{-3} torr	1150	1200	1100	1000	900	900

*) maksymalna 1425°C dla APM
**) Wyższe wartości dotyczą materiałów wstępnie utlenianych
***) Ryzyko „zielonej korozji” w atmosferach nawęglających. Należy stosować Kanthal AF lub Nikrothal N70
****) 1250 °C dla Nikrothal 70

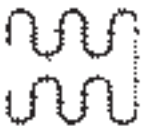
Najważniejsze dane dotyczące elementów grzejnych wykonanych ze stopów Kanthal

Tabela 4..

Elementy z drutu

System elementów	**Spirala**	**Spirala**	**Elementy „porcupine”**	**R.O.B.**
Obudowa	Rury ceramiczne	Rowki	Rury ceramiczne	Pręty metaliczne
				
Materiał	Sillimanit	Szamot lub Grade 28	Sillimanit	Kanthal APM
Max. temperatura pieca, °C	1300	1250	800	1300
Max. obciążenie ściany przy 1000°C kW/m^2	40	35	–	50
Max. obciążenie pow. 1000°C przy temperaturze pieca W/cm^2	3–4	3–4	–	5–6
Średnica drutu (d), mm	2.0–6,5	2.0–5.0	1.0–6.5	⩾5.0
Grubość taśmy (t), mm	–	–	–	–
Szerokość taśmy (w), mm	–	–	–	–
Zewnętrzna średnica zwoju (D), mm	(12–14) d	(5–6) d	–	–
Max. długość pętli przy 1000°C temperatura pieca, mm	–	–	–	250
Min. skok przy maks. długości pętli, mm,	3d	2d	3d	40

Elementy z taśmy

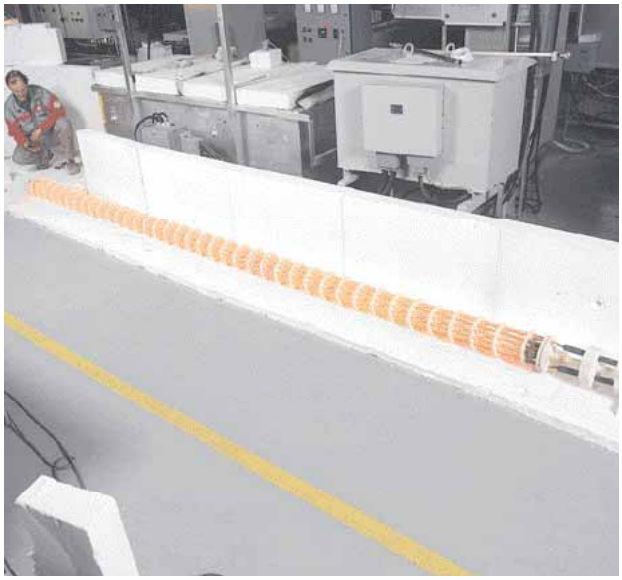
Elementy faliste Metalowe klamerki	Elementy pętlowe Rury ceramiczne	Elementy faliste Ceramiczny cup locks	Elementy faliste Tuleja ceramiczna	Elementy faliste Rury ceramiczne	Elementy faliste Rowki
					
Spinki w kształcie „U” z materiału KANTHAL	Sillimanit	Kordieryt Mulit	Kordieryt lub Mulit	Sillimanit	Szamot lub Grade 28
1300	1300	1300	1300	1300	1300
50	60	60	60	60	20–40
3–6	5–6	5–6	5–6	5–6	3–4
2,0–5,0	⩾5,0	– –	– –	– –	– –
–	–	2.0–3.0	2,0–3,0	2,0–3,0	1,5–3,0
–	–				
–	–	(8–12) t	(8–12) t	(8–12) t	(8–12) t
–	–	–	–	–	–
100	250	250	250	250	(2–3) w
40	40	50	50	50	1.5 w

Elementy grzejne typu TUBOTHAL

Elementy grzejne TUBOTHAL zwłaszcza, kiedy pracują w rurze promieniującej tworzą bardzo wydajny system grzejny o optymalnej żywotności przy maksymalnym wykorzystaniu ich mocy. Uzyskano to dzięki zastosowaniu nowego stopu APM oraz ulepszonej i sprawdzonej przez firmę Kanthal konstrukcji. Element TUBOTHAL może uzyskać moc do 40 kW /1 m długości jego strefy grzejnej. Ponadto, wspomniana konstrukcja jest lekka, co umożliwia poziomą pracę systemu (TUBOTHAL + rura) bez konieczności dodatkowego podpierania lub podwieszania tego systemu.

Długa żywotność

Długą żywotność elementu TUBOTHAL zapewnia zastosowanie w nim stopu Kanthal APM.
Przy temperaturze pieca 1000 °C, żywotność jest, co najmniej 2 razy dłuższa niż w przypadku zastosoania stopu NiCr. Inna zaletą systemu TUBOTHAL jest możliwość dostosowania elementu do istniejącego systemu zasilania bez konieczności stosowania transformatora.



Element grzejny TUBOTHAL produkowany jest o różnych długościach aż do 6 metrów.

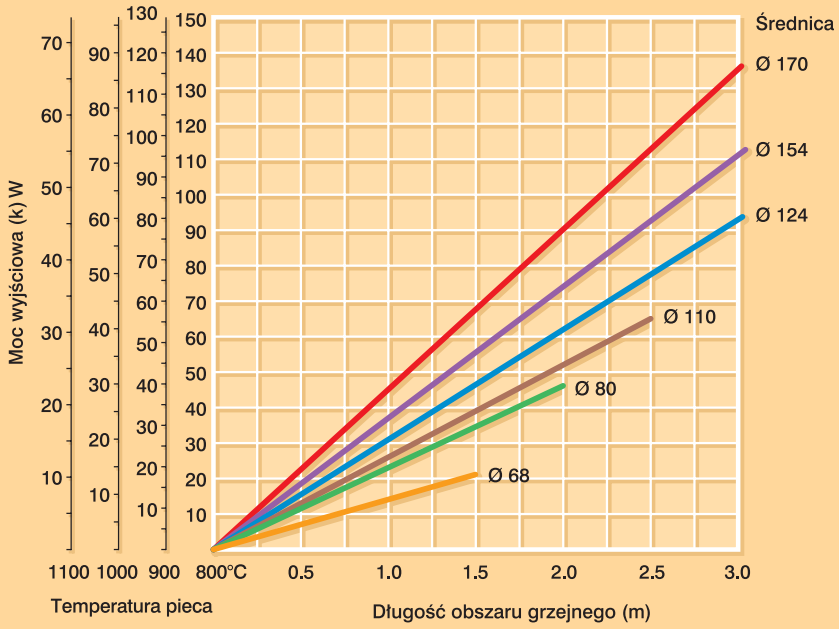


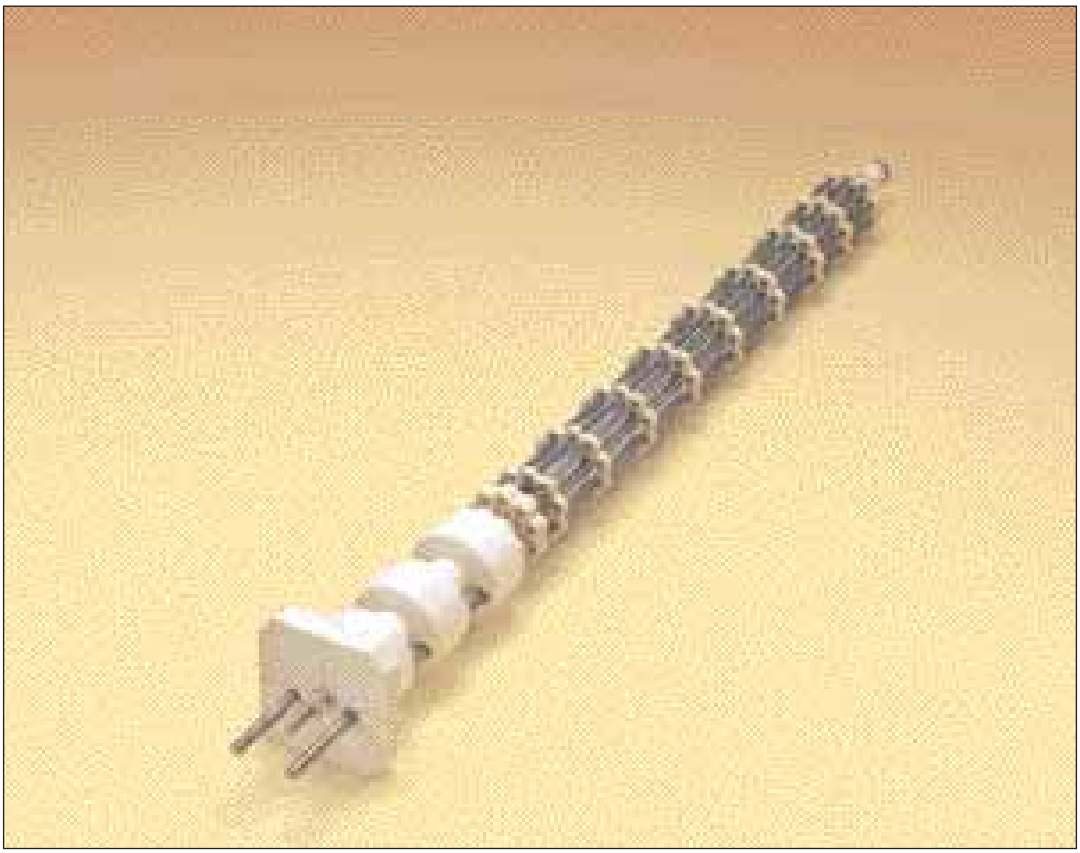
Diagram pokazujący maksymalne możliwe obciążenie przy różnej temperaturze pieca

Szeroki zakres dostępnych wymiarów

Wymiary i moc elementu TUBOTHAL mogą być zaprojektowane dla konkretnych potrzeb bazując na 6-ciu podstawowych rozmiarach elementu, tj. 68, 80, 110, 124, 154 oraz 170 mm, a także na maksymalnej długości do 6 m. Na żądanie jesteśmy gotowi opracować i wykonać elementy o innych wymiarach.

Kompletny system

Elementy TUBOTHAL mogą pracować w każdym typie rur promieniujących. Kanthal zaleca skorzystanie z najwydajniejszego rozwiązania, którym są w rury wyciskane, wykonane ze stopu APM. Rury Kanthal APM maja doskonałą żywotność i mogą pracować w temperaturze do 1250 °C z obciążeniem cieplnym do 7,5 W/cm^2 w temperaturze pieca 1000°C.



Rury TUBOTHAL i APM – kompletny zestaw grzejny

Kanthal AB, siedziba firmy i główna jednostka produkcyjna w Hallstahammer, Szwecja

Rury z materiału Kanthal APM, wyciskane

Materiał Kanthal APM jest wytwarzany w procesie metalurgii proszków oraz jako materiał oporowy wytrzymuje maksymalną temperaturę 1425°C, a w postaci rur promieniujących do 1250°C. Rury Kanthal APM są bezszwowe.

Materiał APM wyjątkowo sprawdza się w zastosowaniach wysokotemperaturowych czy w procesach z atmosferami korozyjnymi. Trwała powłoka tlenkowa, powstająca zarówno na powierzchni zewnętrznej rury, jak i na wewnętrznej eliminuje uciążliwą wadę materiałów dotychczas stosowanych na rury promieniujące, tj. łuszczenie się powodujące zanieczyszczenie i zwarcie elementu grzejnego, a także konieczność ich okresowego czyszczenia lub obracania o 180°. Ochronna powłoka tlenkowa powstająca na powierzchni rury jest także doskonałą barierą przed nawęglaniem w sytuacjach, gdy wolny węgiel osadza się na powierzchni rury. Stanowi to również zabezpieczenie rury przed zasiarczonymi atmosferami. Rury APM znajdują nie tylko zastosowanie jako rury osłonowe elektrycznych elementów grzejnych, ale także wykorzystywane mogą być w piecach gazowych.

Wyższa temperatura i lepsza żywotność:

- Wykonane ze sprawdzonego proszku FeCrAl stopu Kanthal
- Znakomita stabilność kształtu w podwyższonej temperaturze
- Ochronna warstwa tlenkowa zapewnia odporność na działanie środowisk korozyjnych, takich jak atmosfery zawierające związki siarki
- Warstwa tlenku aluminium chroni przed nawęglającym działaniem środowisk o wysokim potencjale węglowym
- Warstwa tlenku aluminium nie łuszczy się, a wiec nie występuje problem zanieczyszczenia wewnątrz ani na zewnątrz rury, tzn. ani elementu grzejnego, palnika czy też wsadu pieca
- Wysoka cieplna obciążalność powierzchniowa. W temperaturze 1000°C obciążenie rur APM pozwala na dwukrotne przekroczenie dopuszczalnego obciążenia rur typu NiCr
- Rury są bezszwowe, ponieważ wytwarzane są przez wyciskanie, co eliminuje potencjalne źródło uszkodzenia, jakim jest spaw
- Mniejszy ciężar właściwy. Rura z materiału APM jest lżejsza od rury o takich samych wymiarach wykonanej z materiału NiCr
- Kompletnie wykonane dostarczane są jako rury promieniujące z kołnierzem i zamknięte denkiem, także jako kompletny system Tubothal do pieców elektrycznych lub do pieców z palnikiem oraz jako rura wewnętrzna do pieców gazowych
- Mogą pracować w temperaturze do 1250°C

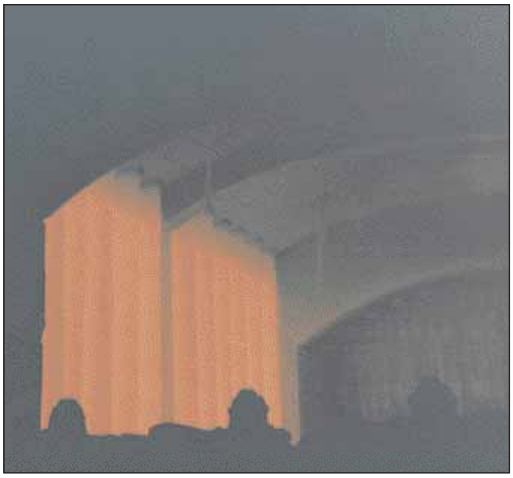
Porównanie rur APM, NiCr po 1000 godzinach w temperaturze 1150 °C. Rury NiCr są silnie zanieczyszczone złuszczającą się warstwą ochronną, podczas gdy rury APM są zupełnie czyste.

Kompletne systemy do pieców gazowych

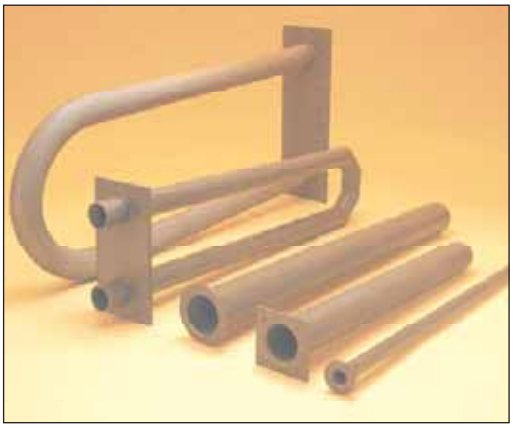
Gama produktów obejmuje rury proste, rury w kształcie „U”, kompletne systemy z rura wewnętrzną i zewnętrzną oraz rury z palnikiem tworzące jednostkę grzewczo-rekuperacyjną. System ten dostarczany jest w rozmiarach od 89 do 154 mm średnicy rury zewnętrznej, pasujący do większości wykorzystywanych pieców gazowych.

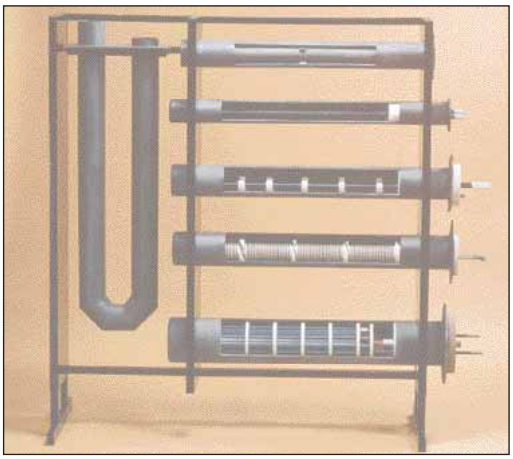
Piece grzane elektrycznie

Rury z materiału Kanthal APM są idealnym rozwiązaniem dla pieców elektrycznych. Nasz program produkcyjny obejmuje kompletny zakres elementów grzejnych i rur dla większości zastosowań. Polecamy następujące elementy grzejne: Sility, Kanthal Super, Tubothal, Kanthal AF. Wszystkie one są dostarczane w postaci gotowych do montażu systemów składających się z elementów grzejnych, zawieszeń, izolacyjnych materiałów i rur.



Rury Kanthal APM w ogrzewanych gazem piecach hartowniczych z wanną





Piece gazowe

Rury w kształcie „U”, kompletne systemy z rurą wewnętrzną i zewnętrzną oraz rury z palnikiem.

Piece grzane elektrycznie

Sility

Kanthal Super

Kanthal APM

Tubothal

Standardowy zakres rur Kanthal APM

Średnica zewn. mm	Grubość ściany mm	Waga APM kg/m	Waga APMT kg/m	Max. długość m	Wymiary standard. APM	Wymiary standard. APMT
26.67	2.87	1.52		13.0	•	
33.4	3.38	2.26		13.0	•	
33.7	6.0	3.71		10.5	•	
40	3.0	2.48		13.0	•	
50.8	6.35	6.30	6.39	7.0	•	•
60.33	3.91	4.92		8.0	•	
64	4.0	5.35	5.43	7.0	•	•
75	4.5	7.08	7.19	12.0	•	•
83	5.0	8.70	8.83	12.0	•	•
89	5.5	10.2	10.4	12.0	•	•
100	5.0	10.6	10.8	11.5	•	•
109	5.0	11.6		10.0	•	
115	5.5	13.4	13.6	8.0	•	•
128	5.5	15.0		12.0	•	
146	6.0	18.7		9.5	•	
154	6.0	19.8	20.1	8.0	•	•
164	6.0	21.2		7.0	•	
178	8.0	30.3		6.5	•	
198	9.0	37.9		5.0	•	

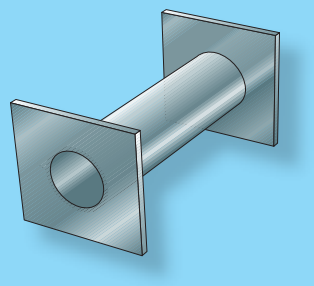
Tolerancje

Rury ≤ średnica zewnętrzna 50 mm

średnica zewn.	±1.5%, min ±0.75 mm
grubość ściany	±15%, min ±0.6 mm
kształt prosty	Max wysokość kąta 3 mm/1000 mm

Rury > średnica zewnętrzna 50 mm

średnica zewn.	±1%
grubość ściany	±15%
kształt prosty	Max wysokość kąta 3 mm/1000 mm



Rury PM zdają egzamin jako mufle w piecach do spiekania oraz w innych piecach wyposażonych w taśmy transportowe

KANTHAL A-1 oraz APM

Druty i taśmy. Wymiary standardowe.

Oporność właściwa 1.45 Ω mm^2 m^{-1}. Ciężar właściwy 7.1 g cm^{-3}. Aby uzyskać oporność właściwą przy danej temperaturze pracy, należy pomnożyć przez współczynnik temperaturowy C_t z poniższej tabeli:.

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
C_t	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05

Druty śr. mm	Rezystancja Ω/m 20°C	Waga g/m	cm^2/Ω 20°C
1,0	1.85	5.58	17.0
1.1*)	1.53	6.75	22.7
1.2	1.28	8.03	29.4
1.3*)	1.09	9.43	37.4
1.4*)	0.942	10.9	46.7
1.5	0.821	12.5	57.4
1.6*)	0.721	14.3	69.7
1.7	0.639	16.1	83.6
1.8	0.570	18.1	99.2
2.0	0.462	22.3	136
2.2	0.381	27.0	181
2.3	0.349	29.5	207
2.4*)	0.321	32.1	235
2.5	0.295	34.9	266
2.6	0.273	37.7	299
2.8	0.235	43.7	374
2.9	0.219	47.0	416
3.0	0.205	50.2	460
3.25	0.175	58.9	584
3.5	0.151	68.3	730
3.75	0.131	78.4	897
4.0	0.115	89.2	1090
4.25	0.102	101	1306
4.5	0.0912	113	1550
4.75	0.0818	126	1824
5.0	0.0738	139	2127
5.5	0.0610	169	2831
6.0	0.0513	201	3676
6.5	0.0437	236	4673
7.0	0.0377	273	5840
7.35	0.0340	300	5840
8.0	0.0288	357	8690
8.25	0.0271	380	9560
9.5	0.0205	503	14600
10.0	0.0185	558	17000

*) tylko A-1

Taśmy*) WxT mm	Rezystancja Ω/m 20°C	Waga g/m	cm^2/Ω 20°C
5.0x1.0	0.290	35.5	414
10.0x1.0	0.145	49.7	1520
15.0x1.0	0.0967	107	3310
20.0x1.0	0.725	142	5790
12.0x1.2	0.101	102	2620
15.0x1.2	0.101	128	4020
10.0x1.5	0.097	107	2380
12.0x1.5	0.0806	128	3350
15.0x1.5	0.0644	160	5120
20.0x1.5	0.0483	213	8900
25.0x1.5	0.0387	266	13700
30.0x1.5	0.0320	320	19600
15.0x2.0	0.0483	213	7040
20.0x2.0	0.0363	284	12100
25.0x2.0	0.0290	355	18600
30.0x2.0	0.0242	426	26500
20.0x2.5	0.0290	355	15500
25.0x2.5	0.0232	444	23700
30.0x2.5	0.0193	533	33600
20.0x3.0	0.0242	426	19008
25.0x3.0	0.0193	533	26200
30.0x3.0	0.0161	639	41000

KANTHAL AF

Druty i taśmy. Wymiary standardowe.

Oporność właściwa 1.39 Ω mm^2 m^{-1}. Ciężar właściwy 7.15 g cm^{-3}. Aby uzyskać oporność właściwą przy danej temperaturze pracy, należy pomnożyć przez współczynnik temperaturowy C_t z poniższej tabeli:

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
C_t	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.06	1.06	1.07

Druty śr. mm	Rezystancja Ω/m 20°C	Waga g/m	cm^2/Ω 20°C
1.0	1.77	5.62	17.8
1.1	1.46	6.79	23.6
1.2	1.23	8.09	30.7
1.3	1.05	9.49	39.0
1.4	0.903	11.0	48.7
1.5	0.787	12.6	59.9
1.6	0.691	14.4	72.7
1.7	0.612	16.2	87.2
1.8	0.546	18.2	104
2.0	0.442	22.5	142
2.2	0.366	27.2	189
2.3	0.335	29.7	216
2.4	0.307	32.3	245
2.5	0.283	35.1	277
2.6	0.262	38.0	312
2.8	0.226	44.0	390
2.9	0.210	47.2	433
3.0	0.197	50.5	479
3.25	0.168	59.3	609
3.5	0.144	68.8	761
3.75	0.126	79.0	936
4.0	0.111	89.8	1136
4.25	0.0980	101	1363
4.5	0.0874	114	1618
4.75	0.0784	127	1902
5.0	0.0708	140	2219
5.5	0.0585	170	2953
6.0	0.0492	202	3834
6.5	0.0419	237	4875
7.0	0.0361	275	6089
7.35	0.0328	303	7048
7.5	0.0315	316	7489
8.0	0.0277	359	9089
8.25	0.0260	382	9968
9.27	0.0206	483	14141

Taśmy*) WxT mm	Rezystancja Ω/m 20°C	Waga g/m	cm^2/Ω 20°C
10.0x1.0	0.139	71.5	1582
15.0x1.0	0.0927	107	3453
20.0x1.0	0.0695	143	6043
10.0x1.2	0.1158	86	1934
12.0x1.2	0.0965	103	2735
15.0x1.2	0.0772	129	4196
15.0x1.5	0.0618	161	5342
20.0x1.5	0.0463	215	9281
25.0x1.5	0.00371	268	14302
15.0x2.0	0.0463	215	7339
20.0x2.0	0.0348	286	12664
25.0x2.0	0.0278	358	19424
30.0x2.0	0.0232	429	27623
15.0x2.5	0.0371	268	27623
20.0x2.5	0.0278	358	16190
25.0x2.5	0.0222	447	24733
30.0x2.5	0.0185	536	35071
20.0x3.0	0.0232	429	19828
25.0x3.0	0.0185	536	27331
30.0x3.0	0.0154	644	39223

KANTHAL D

Druty i taśmy. Wymiary standardowe.

Oporność właściwa 1.35 Ω mm^2 m^{-1}. Ciężar właściwy 7.25 g cm^{-3}. Aby uzyskać oporność właściwą przy danej temperaturze pracy, należy pomnożyć przez współczynnik temperaturowy C_t z poniższej tabeli:

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
C_t	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08

Druty śr. mm	Rezystancja Ω/m 20°C	Waga g/m	cm^2/Ω 20°C
1.0	1.72	5.7	18.3
1.1	1.42	6.9	24.3
1.2	1.19	8.2	31.6
1.3	1.02	9.6	40.2
1.4	0.877	11.2	50.2
1.5	0.764	12.8	61.7
1.6	0.671	14.6	74.9
1.7	0.595	16.5	89.8
1.8	0.531	18.4	107
2.0	0.430	22.8	146
2.5	0.275	35.6	286
2.8	0.219	44.6	401
3.0	0.191	51.2	493
3.25	0.163	60.1	627
3.5	0.140	69.8	784
3.75	0.122	80.1	964
4.0	0.107	91.1	1170
4.25	0.0952	103	1403
4.5	0.0849	115	1666
4.75	0.0762	128	1959
5.0	0.0688	142	2285
5.5	0.0568	172	3041
6.0	0.0477	205	3948
6.5	0.0407	241	5019
7.35	0.0318	308	7257
8.0	0.0269	364	9358

Taśmy*) WxT mm	Rezystancja Ω/m 20°C	Waga g/m	cm^2/Ω 20°C
5.0x0.1	2.70	3.6	43
5.0x0.2	1.35	7.3	76
5.0x0.3	0.900	10.9	118
5.0x0.4	0.657	14.5	160
10.0x1.2	0.113	87	1990
12.0x1.2	0.0938	104	2820
15.0x1.2	0.0750	131	4320
15.0x1.5	0.0600	163	5500
20.0x1.5	0.0450	218	9560
15.0x2.0	0.0450	218	7560
20.0x2.0	0.0338	290	13000
25.0x2.0	0.0270	363	20000
20.0x2.5	0.0270	363	16700

NIKROTHAL 80

Druty i taśmy. Wymiary standardowe.

Oporność właściwa 1.09 Ω mm^2 m^{-1}. Ciężar właściwy 8.30 g cm^{-3}. Aby uzyskać oporność właściwą przy danej temperaturze pracy, należy pomnożyć przez współczynnik temperaturowy C_t z poniższej tabeli:

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
C_t	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05	1.06	1.07

Drut śr. mm	Rezystancja Ω/m 20°C	Waga g/m	cm^2/Ω 20°C
1.0	1.39	6.52	22.6
1.2	0.964	9.39	39.1
1.3	0.821	11.0	49.7
1.4	0.708	12.8	62.1
1.5	0.617	14.7	76.4
1.6	0.542	16.7	92.7
1.8	0.428	21.1	132
2.0	0.347	26.1	181
2.3	0.262	34.5	275
2.5	0.222	40.7	354
2.6	0.205	44.1	398
2.8	0.177	51.1	497
3.0	0.154	58.7	611
3.25	0.131	68.9	777
3.5	0.113	79.9	971
3.75	0.0987	91.7	1194
4.0	0.0867	104	1449
4.25	0.0768	118	1738
4.5	0.0685	132	2063
4.75	0.0615	147	2426
5.0	0.0555	163	2830
5.5	0.0459	197	3766
6.0	0.0386	235	4890
6.5	0.0328	275	6217
7.0	0.0283	319	7764
7.5	0.0247	367	9550
8.0	0.0217	417	11590

Blacha*) WxT mm	Rezystancja Ω/m 20°C	Waga g/m	cm^2/Ω 20°C
15.0x1.0	0.0727	125	4404
20.0x1.0	0.0545	166	7706
25.0x1.0	0.0436	208	11930
12.0x1.2	0.0757	120	3488
15.0x1.5	0.0484	187	6812
20.0x1.5	0.0363	249	11840
25.0x1.5	0.0291	311	18230
15.0x2.0	0.0363	249	9358
20.0x2.0	0.0273	332	16150
25.0x2.0	0.0218	415	24770
30.0x2.0	0.0182	498	35230
20.0x2.5	0.0218	415	20640
25.0x2.5	0.0174	519	31540
30.0x2.5	0.0145	623	44730

NIKROTHAL 70

Druty. Wymiary niestandardowe, jedynie na specjalne zamówienie

Oporność właściwa 1.18 Ω mm^2 m^{-1}. Ciężar właściwy 8.10 g cm^{-3}. Aby uzyskać oporność właściwą przy danej temperaturze pracy, należy pomnożyć przez współczynnik temperaturowy C_t z poniższej tabeli:

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
C_t	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06

Drut śr. mm	Rezystancja Ω/m 20°C	Waga g/m	cm^2/Ω 20°C
1.0	1.50	6.36	20.9
1.1	1.24	7.70	27.8
1.2	1.04	9.16	36.1
1.3	0.889	10.8	45.9
1.4	0.767	12.5	57.4
1.5	0.668	14.3	70.6
1.6	0.587	16.3	85.6
1.7	0.520	18.4	103
1.8	0.464	20.6	122
1.9	0.416	23.0	143
2.0	0.376	25.4	167
2.2	0.310	30.8	223
2.5	0.240	39.8	327
2.6	0.222	43.0	368
2.8	0.192	49.9	459
3.0	0.167	57.3	565
3.25	0.142	67.2	718
3.5	0.123	77.9	897
3.75	0.107	89.5	1103
4.0	0.0939	102	1338
4.25	0.0832	115	1605
4.5	0.0742	129	1905
4.75	0.0666	144	2241
5.0	0.0601	159	2614
5.5	0.0497	192	3479
6.0	0.0417	229	4517
6.5	0.0356	269	5742
7.0	0.0307	312	7172
7.35	0.0278	344	8303
7.5	0.0267	358	8822
8.0	0.0235	407	10706
8.25	0.0221	433	11741
9.0	0.0185	515	15244

Materiały na końcówki elementów

Dane dotyczące rezystancji i wagi

Materiał	Oporność właściwa $\Omega\ mm^2\ m^{-1}$	Waga właściwa g/cm^3
KANTHAL APM	1.45	7.10
KANTHAL D	1.35	7.25
KANTHAL A-1	1.45	7.10
NIKROTHAL 80	1.09	8.30
NIKROTHAL 40	1.04	7.90

Materiał	Rezystancja Ω/m	Waga g/m
KANTHAL D		
8	0.0269	364
10	0.0172	569
12	0.0119	820
16	0.0067	1460
20	0.0043	2280
KANTHAL A-1 i APM		
8	0.0288	357
10	0.0185	558
12	0.0128	803
16	0.0072	1428
20 (tylko APM)	0.0046	2231
30 (tylko APM)	0.0021	5019
40 (tylko APM)	0.0012	8922
NIKROTHAL 80		
8	0.0217	417
10	0.0172	652
12	0.0119	939
16	0.0067	1670
20	0.0043	2610
NIKROTHAL 40		
8	0.0207	397
10	0.0132	620
12	0.0092	893
20	0.0033	2482
30	0.0015	5584

System i usługi

Nasz szeroki zakres materiałów rezystancyjnych, elementów gotowych, rur promieniujących, materiałów konstrukcyjnych i innych komponentów zabezpiecza prawie każdą aplikację aż do 2000 °C. Nasi dostawcy pomogą Państwu spełnić Wasze wymagania, jak i również służą niezbędną pomocą techniczną.

Dostarczamy również kompletne systemy grzejne, tj. rury promieniujące ze zintegrowanymi elementami grzejnymi lub rurami wewnętrznymi do ogrzewania gazowego, jednostki grzewcze Fibrothal i Superthal, kompletny system Fibrothal do renowacji pieców, itd.

Służymy Państwu pomocą w:

- doborze odpowiedniego typu elementu grzejnego materiału, z którego ma być wykonany, jak również systemu zawieszenia i materiałów izolacyjnych
- dostawie kompletnych elementów grzejnych gotowych do montażu
- modernizacji elektrycznych pieców oporowych zgodnie z najnowszą technologią grzejnictwa dla osiągnięcia najwyższej wydajności i efektywności pieca,
- wymianie dotychczasowych rur promieniujących na rury ze stopu Kanthal APM zarówno w piecach elektrycznych, jak i gazowych oraz przy dostawie kompletnych systemów rekuperacyjnych z palnikiem i katalizatorem gazów spalania.

Kanthal Super, Superthal®

SUPERTHAL są to moduły izolacyjno-grzejne składające się z ceramiki włóknistej i elementu grzejnego z materiału Kanthal Super.

Mają one formę cylindryczną, półcylindryczną, paneli płaskich lub też mogą być wykonane indywidualnie.

Maksymalna temperatura pracy do 1650 °C.

Taśmy i druty

Najwyższa jakość materiału KANTHAL i NIKROTHAL do max. temperatury 1425 °C.

Elementy grzejne

Elementy wykonane z materiałów oporowych Kanthal i Nikrothal.

Tubothal

Znakomity element grzejny Kanthala do użycia jako wkład do wielu typów rur promieniujących, szczególnie sprawdza się w rurach ze stopu Kanthal APM. Dostępny w standardowych średnicach od 68 do 170 mm. Moc sięga 40 kW/metr długości strefy grzejnej.

Rury promieniujące

Rury promieniujace uzywane są w piecach elektrycznych lub gazowych.

Elementy grzejne

Elementy i systemy do pieców dyfuzyjnych w przemyśle półprzewodnikowym.

Moduły Grzejne Fibrothal

Fibrothal jest kompletnym modułowym systemem grzejnym do zastosowań w piecach jako element grzejny i izolacyjny.

Weglik Krzemu

Elementy typu GLOBAR o rezystancji standardowej i podwyższonej z nową strukturą krystaliczną, która pozwala wydłużyć żywotność materiałów o 40%.

KANTHAL

Sandvik Materials Technology division

Sandvik Polska Sp. z.o.o., Al. Wilanowska 372, 02-665 Warszawa, Poland
tel: +48 22 647 38 80
fax: +48 22 843 05 88
www.kanthal.com/pl