

MASZYNY   URZĄDZENIA HUTNICZE	NORMA BRANŻOWA	BN - 85
	Piece grzewcze Rekuperatory metalowe spawane Warunki doboru i wytyczne projektowania	2745-07
		Grupa kat. 0444

SPIS TREŚCI1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Zakres stosowania normy
- 1.3. Określenie pojęć podstawowych
  - 1.3.1. Rekuperator
  - 1.3.2. Czynniki grzejny
  - 1.3.3. Czynniki ogrzewany
  - 1.3.4. Powierzchnia wymiany ciepła
  - 1.3.5. Rekuperator metalowy spawany
  - 1.3.6. Inne określenia

2. PODZIAŁ REKUPERATORÓW

- 2.1. Kryteria podziału rekuperatorów
- 2.2. Schemat podziału rekuperatorów
- 2.3. Nazwy rekuperatorów
- 2.4. Oznaczenia

3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA REKUPERATORÓW

- 3.1. Rekuperatory konwekcyjne
- 3.2. Rekuperatory radiacyjne
- 3.3. Rekuperatory kombinowane

4. WARUNKI DOBORU REKUPERATORÓW

- 4.1. Temperatura spalin  $T_{1p}$

Zgłoszona przez Biuro Projektów i Kompletaacji Dostaw Maszyn i Urządzeń Hutniczych "HUTMASZPROJEKT - HAPEKO". Ustanowiona przez Dyrektora BPIKDMIUH "HUTMASZPROJEKT - HAPEKO" dnia 1 marca 1985 r. jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1985 r. /Dz. Norm. i Miar nr /1985 poz. /

- 4.2. Rodzaje paliw
- 4.3. Ilości paliwa, powietrza i spalin
- 4.4. Koszty zainstalowania rekuperatora
- 4.5. Sposoby spalania i skład chemiczny spalin
- 4.6. Charakter pracy pieca
- 4.7. Warunki zabudowy rekuperatora

#### 5. TEMPERATURY PODGRZEWANIA SUBSTRATÓW SPALANIA

#### 6. DOBÓR STALI NA REKUPERATORY

#### 7. WYMAGANIA I WYTYCZNE PROJEKTOWANIA

- 7.1. Płyty sitowe
  - 7.1.1. Materiał na płyty sitowe
  - 7.1.2. Otwory w płytach sitowych
  - 7.1.3. Odchyłki
- 7.2. Rury walcowane
  - 7.2.1. Materiał
  - 7.2.2. Spawanie rur
  - 7.2.3. Przesunięcia rur po spawaniu
  - 7.2.4. Prześwit rur spawanych z dwóch odcinków prostych
  - 7.2.5. Odchylenie czoła rury
  - 7.2.6. Owalizacja średnicy zewnętrznej
  - 7.2.7. Minimalny promień gięcia rur "R"
  - 7.2.8. Ogólna odchyłka długości wiązki rur
  - 7.2.9. Mocowanie rur w płytach sitowych
- 7.3. Rury zwijane z blach
  - 7.3.1. Materiał
  - 7.3.2. Spawanie
  - 7.3.3. Dopuszczalne odchyłki średnicy
  - 7.3.4. Ogólna odchyłka długości rury
- 7.4. Kształtki wlotowe, pośrednie i wylotowe
  - 7.4.1. Materiał
  - 7.4.2. Kołnierze
  - 7.4.3. Spawanie
  - 7.4.4. Wymiary i dopuszczalne odchyłki wymiarowe

## 8. PRÓBA SZCZELNOŚCI

- 8.1. Czynności przygotowawcze
- 8.2. Próba szczelności rekuperatora powietrznego
- 8.3. Próba szczelności rekuperatora gazowego
- 8.4. Uwagi końcowe

## INFORMACJE DODATKOWE

## 1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są warunki doboru, projektowania i badania rekuperatorów metalowych spawanych przeznaczonych dla pieców grzewczych i pieców do obróbki cieplnej stosowanych w hutnictwie i w przemyśle maszynowym.

1.2. Zakres stosowania normy. Normę należy stosować w zakresie doboru, projektowania, wykonawstwa i badań odbiorowych rekuperatorów zainstalowanych przy piecach wg p. 1.1. Norma dotyczy rekuperatorów przystosowanych do pracy przy temperaturze spalin wlotowych do 1600 K /ok. 1330°C/ i ciśnieniu do 0,05 MPa /ok. 5000 kg/m<sup>2</sup>/.

### 1.3. Określenie pojęć podstawowych

1.3.1. Rekuperator - urządzenie techniczne konstrukcyjnie przystosowane do ustalonego przepływu ciepła między czynnikiem o wyższej temperaturze /cieplejszym/ oraz czynnikiem o niższej temperaturze /zimniejszym/, przy czym oba czynniki występują w stanie gazowym, nie mieszają się ze sobą i są oddzielone przeponą.

1.3.2. Czynniki grzejny - w przypadku rekuperatorów przeznaczonych dla pieców grzewczych i pieców do obróbki cieplnej są to spaliny odlotowe przepływające przez rekuperator.

1.3.3. Czynniki ogrzewany - są to substraty spalania, jak powietrze i paliwa gazowe, przeznaczone do spalania w palnikach pieców, po uprzednim nagraniu w rekuperatorze.

1.3.4. Powierzchnia wymiany ciepła - powierzchnia przepony oddzielającej czynniki grzejny od czynnika ogrzewanego, na której odbywa się wymiana ciepła. Powierzchnia wymiany może mieć dowolny kształt, np. pojedyncza rura, wiązka rur, powierzchnia płaska lub zakrzywiona, gładka lub uźebrowana itp. Może nią także być umowna powierzchnia przyjęta do obliczeń cieplnych rekuperatora.

1.3.5. Rekuperator metalowy spawany - jest to rekuperator, którego powierzchnia wymiany ciepła oraz pozostałe elementy przynależne wykonane są z blach, rur, profili walcowanych itp. odpowiednio ze sobą spawanych. W przypadku omawianych pieców, do wykonania rekuperatorów stosuje się stale węglowe i stale stopowe odporne na korozję i żaroodporne.

1.3.6. Inne określenia - w tekście lub na rysunkach.

## 2. PODZIAŁ REKUPERATORÓW

2.1. Kryteria podziału rekuperatorów. Podział rekuperatorów pod względem:

- a/ sposobu wymiany ciepła, który przeważa w danej konstrukcji,
- b/ rozwiązań konstrukcyjnych,
- c/ warunków zabudowy rekuperatora przy piecu i wynikający z tego podział na sekcje,
- d/ czynników podlegających ogrzewaniu, jak powietrze lub paliwo gazowe.

2.2. Schemat podziału rekuperatorów - przedstawiony jest w tabl.1., a przykłady różnych sposobów wymiany ciepła są pokazane na rys.1 do 6.

### 2.3. Nazwy rekuperatorów

Nazwę rekuperatorów można stworzyć według schematu:

REKUPERATOR, ..... , ..... , ..... , ..... , ..... ,

gdzie A, B, C i D to określenia podane w schemacie podziału rekuperatorów tabl.1, a E to nazwa czynnika ogrzewanego.

#### Przykład:

rekuperator przedstawiony na rys.7, przystosowany do wymiany ciepła na drodze konwekcji w postaci dwóch wiązek rur nazywa się:

REKUPERATOR KONWEKCYJNY RUROWY, KRZYŻOWO-PRZECIWPŁĄDOWY,  
2-SEKCYJNY DO POWIETRZA.

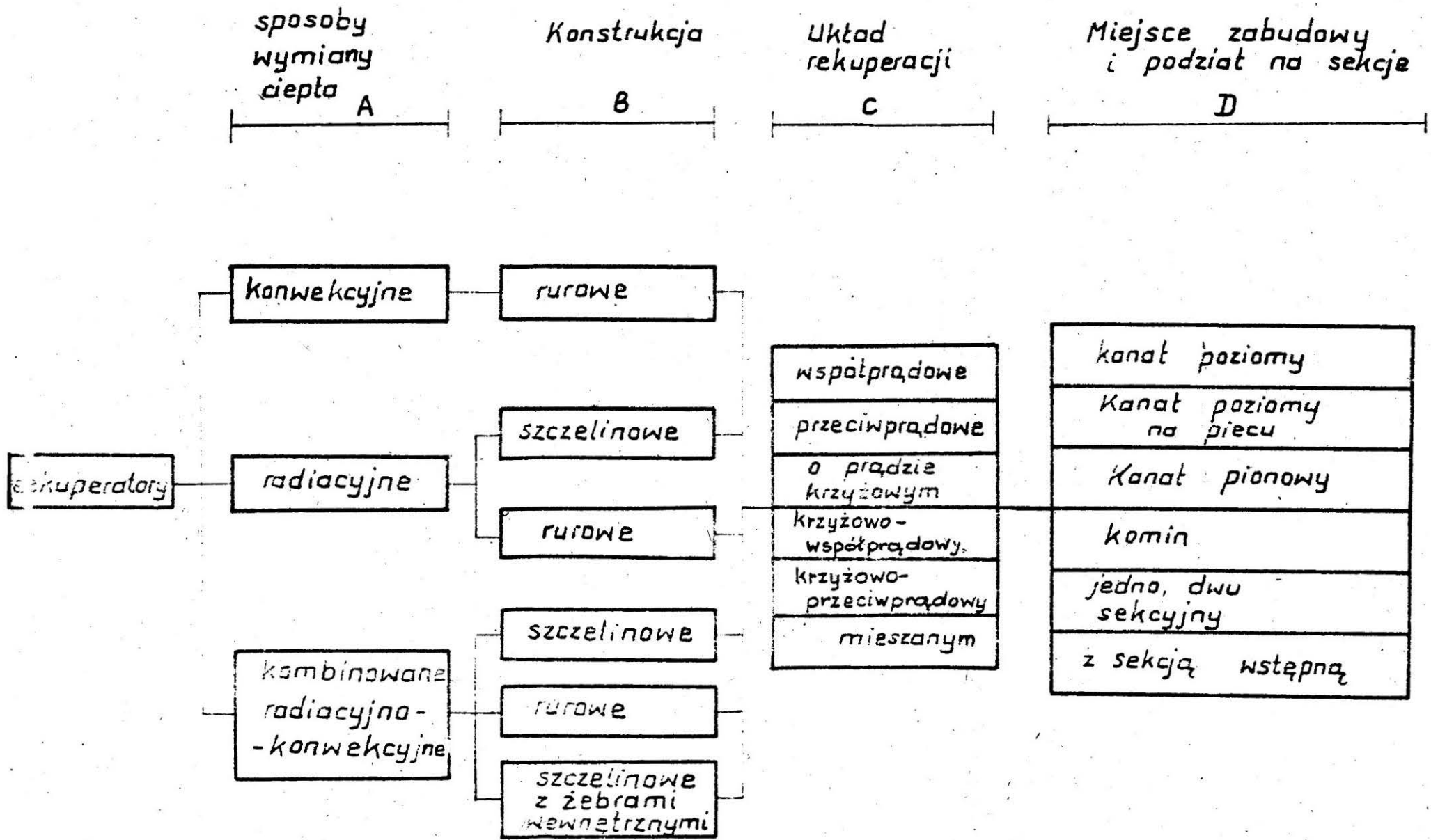
W przypadkach gdy kilka rekuperatorów różnych typów jest zabudowanych obok siebie i przeznaczonych dla jednego pieca mówimy o zespole rekuperatorów.

#### Przykład:

rekuperator przedstawiony na rys.15 składa się z rekuperatora /sekcji/ wstępnego radiacyjnego, z rekuperatora konwekcyjnego do podgrzewania powietrza i rekuperatora konwekcyjnego do podgrzewania paliwa gazowego i nazywa się:

ZESPÓŁ REKUPERATORÓW  
RADIACYJNYCH I KONWEKCYJNYCH  
DO POWIETRZA I PALIWA GAZOWEGO

Tablica 1. SCHEMAT PODZIAŁU REKUPERATORÓW



2.4. Oznaczenia występujące na rysunkach

$\omega\omega \rightarrow$  czynnik grzejny - spaliny

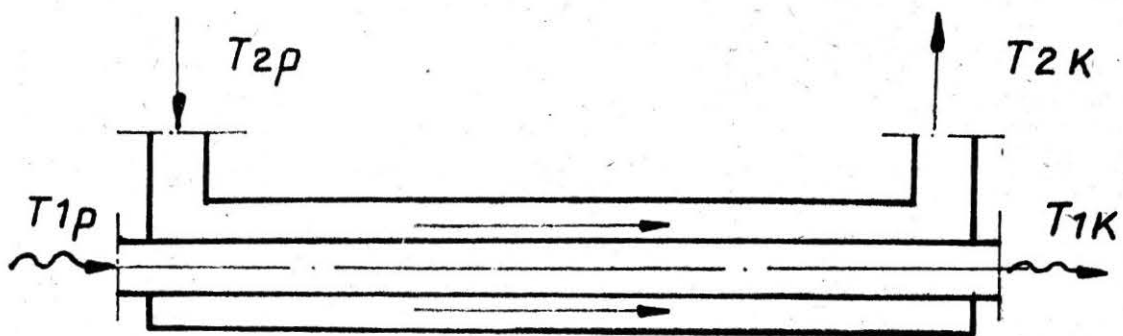
$\longrightarrow$  czynnik ogrzewany - powietrze lub paliwo gazowe

$T_{1p}$  - temperatura czynnika grzejnego na wlocie do rekuperatora  
/K, °C/

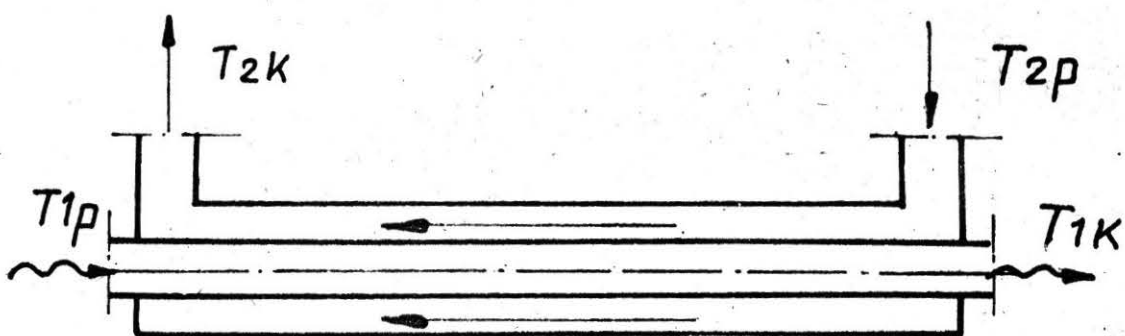
$T_{1K}$  - temperatura czynnika grzejnego na wylocie z rekuperatora  
/K, °C/

$T_{2p}$  - temperatura czynnika ogrzewanego na wlocie do rekuperatora  
/K, °C/

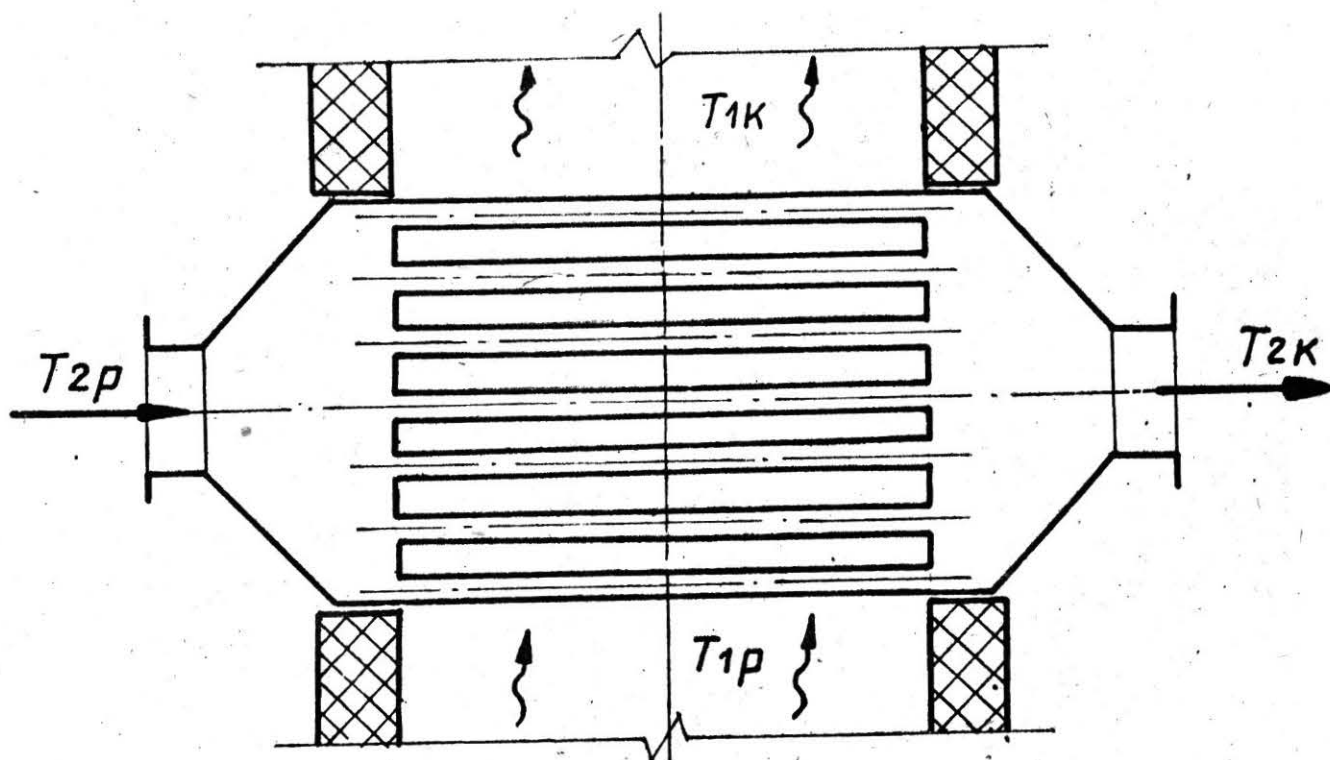
$T_{2K}$  - temperatura czynnika ogrzewanego na wylocie z rekuperatora  
/K, °C/.



Rys. 1. Rekuperator współprądowy

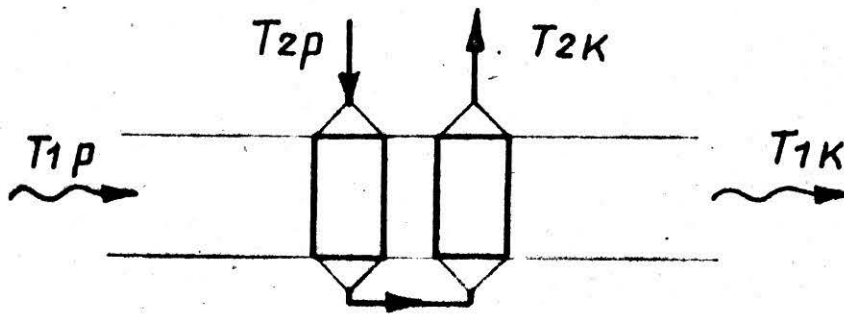


Rys. 2. Rekuperator przeciwprądowy

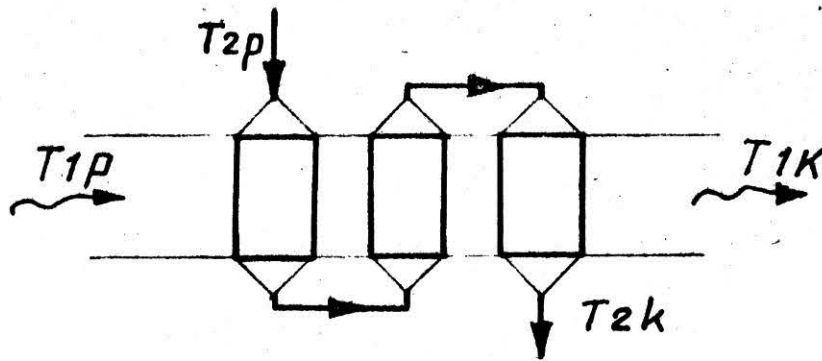


Rys. 3. Rekuperator krzyżowo-prądowy



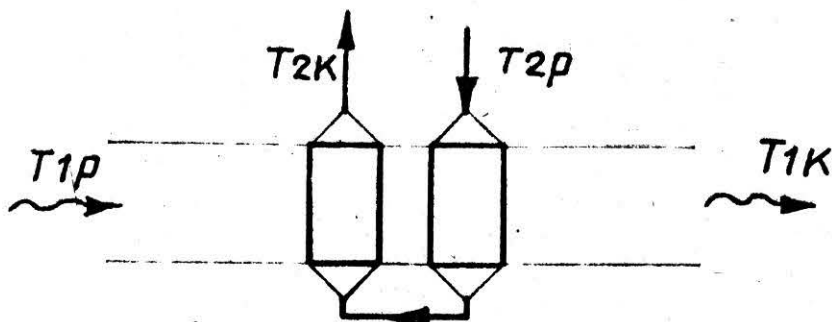


a/ Rekuperator 2-sekcyjny

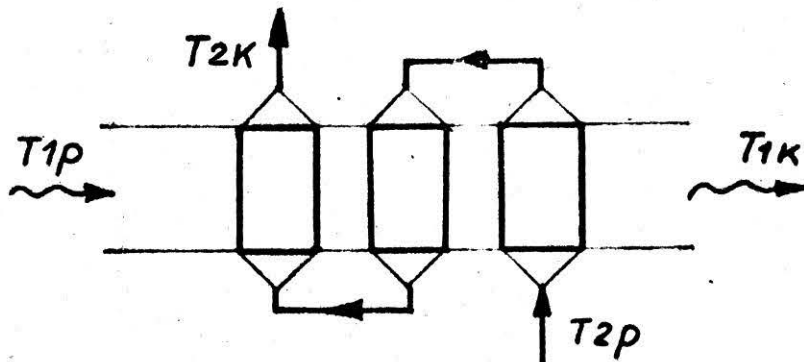


b/ Rekuperator 3-sekcyjny

Rys. 4. Rekuperator krzyżowo-współprądowy

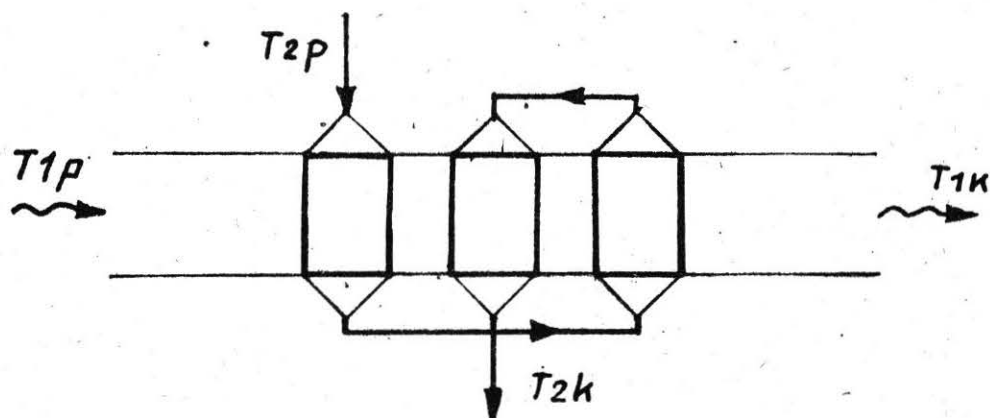


a/ Rekuperator 2-sekcyjny.

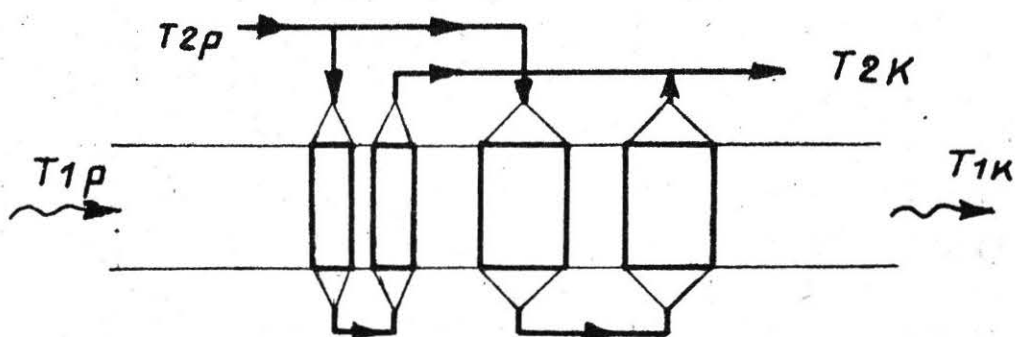


b/ Rekuperator 3-sekcyjny

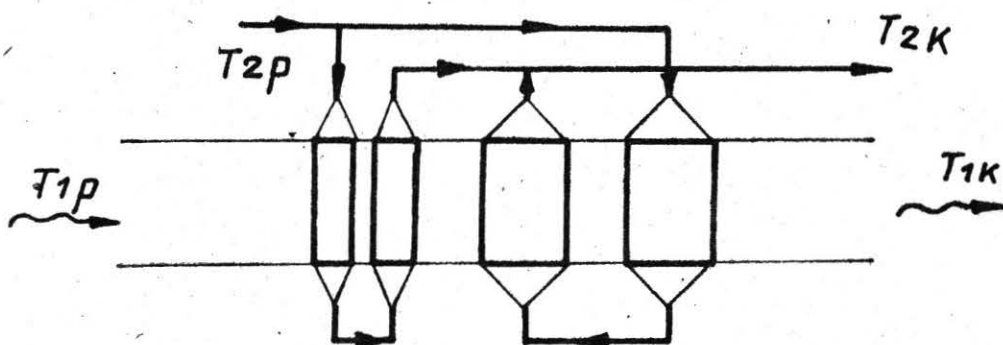
Rys.5. Rekuperator krzyżowo-przeciwprądowy



a/ Rekuperator w układzie mieszanym krzyżowo-współprądowo-przeciwprądowym



b/ Zespół rekuperatorów krzyżowo-współprądowych z sekcją wstępną



c/ Zespół rekuperatorów krzyżowo-przeciwprądowych z sekcją wstępną /współprądową/

Rys. 6. Przykładowe układy rekuperatorów

### 3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA REKUPERATORÓW

3.1. Rekuperatory konwekcyjne. Zasadniczym elementem rekuperatorów konwekcyjnych spawanych to pęki prostych lub wygiętych odpowiednio rur, których końce są połączone przez spawanie z kształtkami /kolektorami/ wlotowymi, pośrednimi i wylotowymi. Czynnik ogrzewany przepływa najczęściej wewnątrz rur, a spaliny opływają je z zewnątrz. Rozwiązanie konstrukcyjne rekuperatora wynika z istoty konwekcyjnej wymiany ciepła polegającej na bezpośredniej styczności między czynnikami a powierzchnią wymiany ciepła, oraz w dążeniu do dużych prędkości przepływu czynników. Przy piecach grzewczych i piecach do obróbki cieplnej stosuje się je do podgrzewania powietrza spalania. Ze względu na wysoką szczelność stosuje się je także do podgrzewania paliwa gazowego. Ponadto rekuperatory paliwa gazowego mają najczęściej charakter konwekcyjny ze względu na stosunkowo niską temperaturę spalin przez nie przepływających.

Wskaźniki charakteryzujące rekuperatory konwekcyjne rurowe podane są w tabl. 2., a odmiany konstrukcyjne są przedstawione na rys.7 do 10.

### 3.2. Rekuperatory radiacyjne.

Spaliny o temperaturze wyższej od  $1200 + 1300 \text{ K}$  /ok.  $900^{\circ} + 1000^{\circ}\text{C}$ / oddają przeważającą część energii cieplnej przez promieniowanie. Ilość przekazanej energii zależy jednak nie tylko od temperatury ale również od grubości warstwy spalin. Zależności powyższe zostały wykorzystane przy konstrukcji rekuperatorów radiacyjnych.

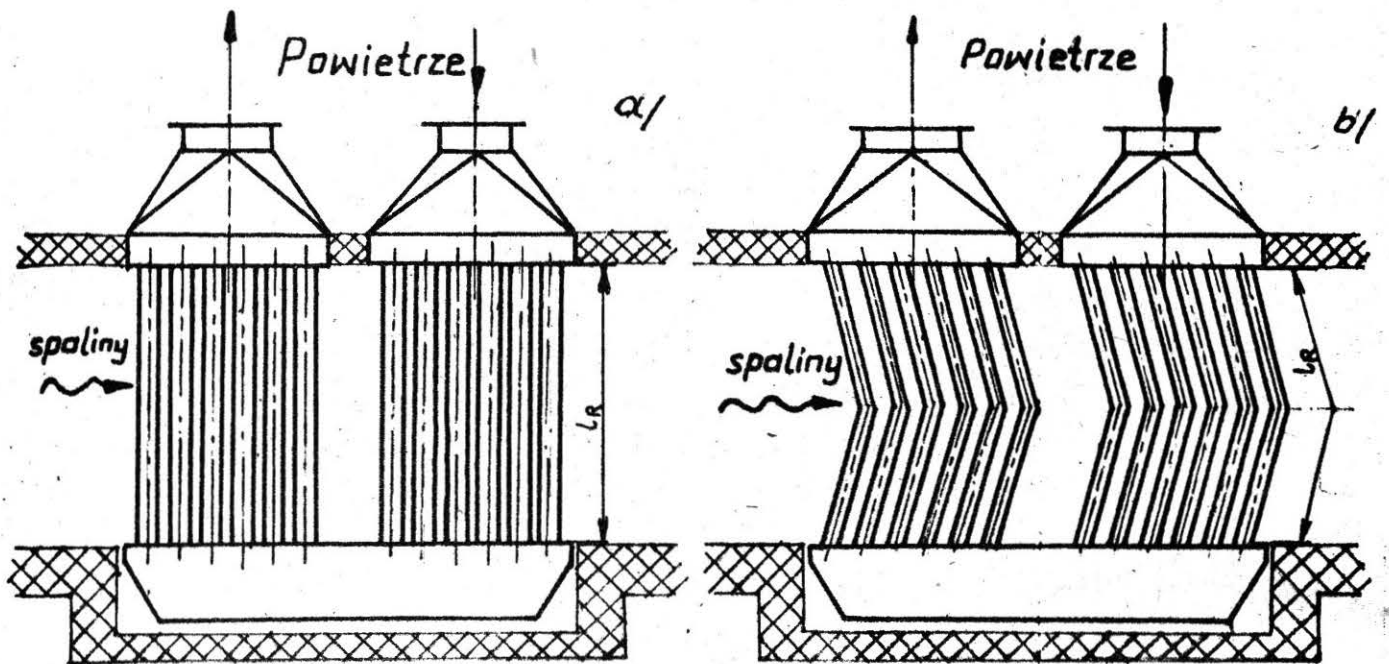
Ze względów konstrukcyjnych dzielimy je na dwie grupy:

- a/ rekuperatory radiacyjne szczelinowe /rys.11 i 12/.
- b/ rekuperatory radiacyjne rurowe /rys.13 i 14/.

Rekuperatory radiacyjne szczelinowe wykonywane są w postaci koncentrycznych rur, o dużej średnicy, związanych z blach, między którymi powstaje szczelina, przez którą przepływa powietrze lub paliwo gazowe przeznaczone do nagrzewania. We wnętrzu rury środkowej przepływa gruba warstwa spalin.

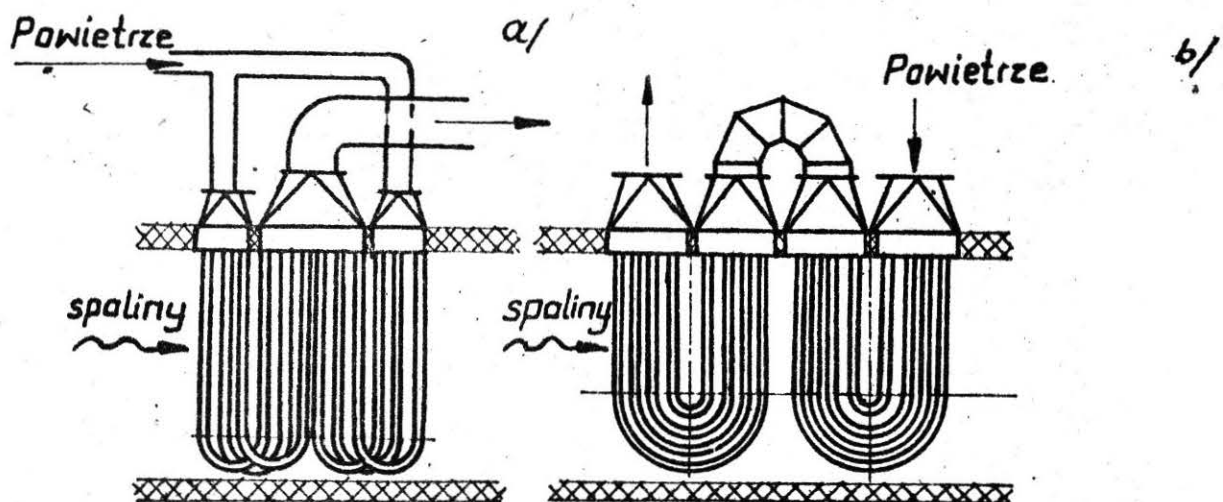
W rekuperatorach radiacyjnych rurowych elementem czynnym jest układ rur otaczających kanał przez który płyną spaliny. Rekuperatory te dzielą się na dwie odmiany konstrukcyjne, z pionowym /rys.13/ lub poziomym /rys.14/ przepływem spalin.

Charakterystyka rekuperatorów podana jest w tabl. 2.



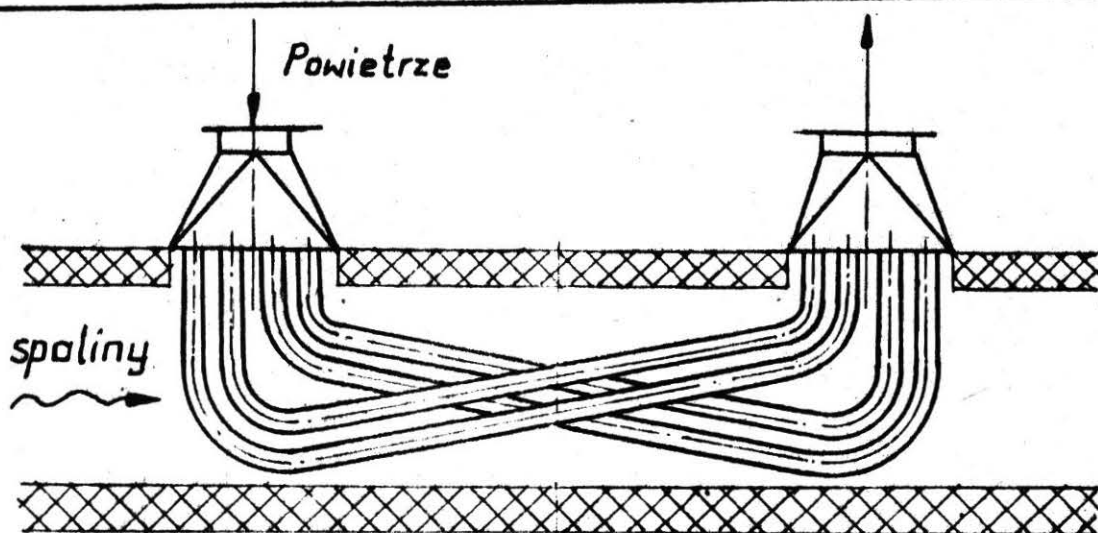
Rys. 7. Rekuperatory konwekcyjne rurowe

a/ - z rurami prostymi, b/- z rurami wygiętymi

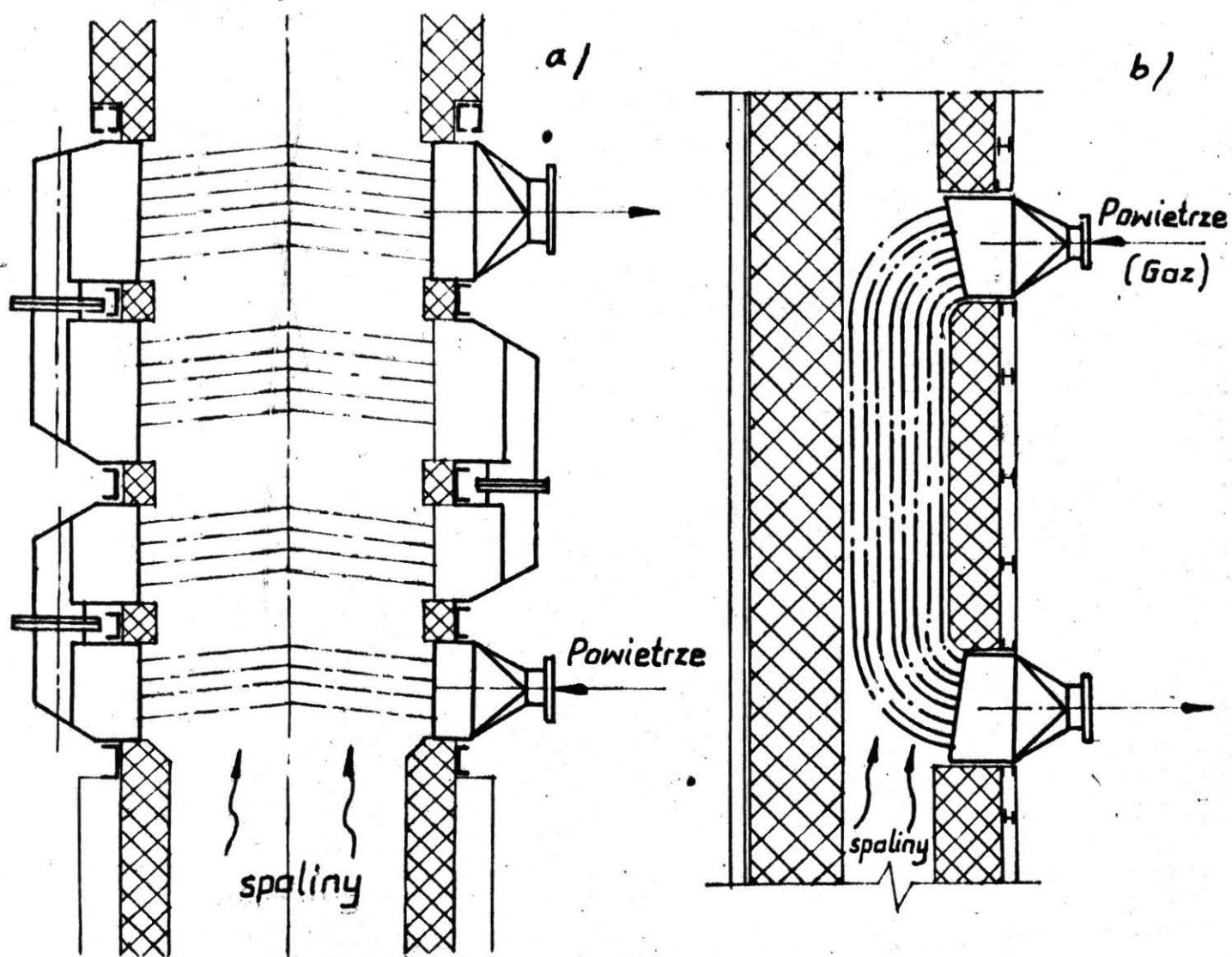


Rys. 8. Rekuperatory konwekcyjne rurowe o rurach w kształcie litery U

a/ - o jednakowej długości rur, b/- o różnych długościach rur



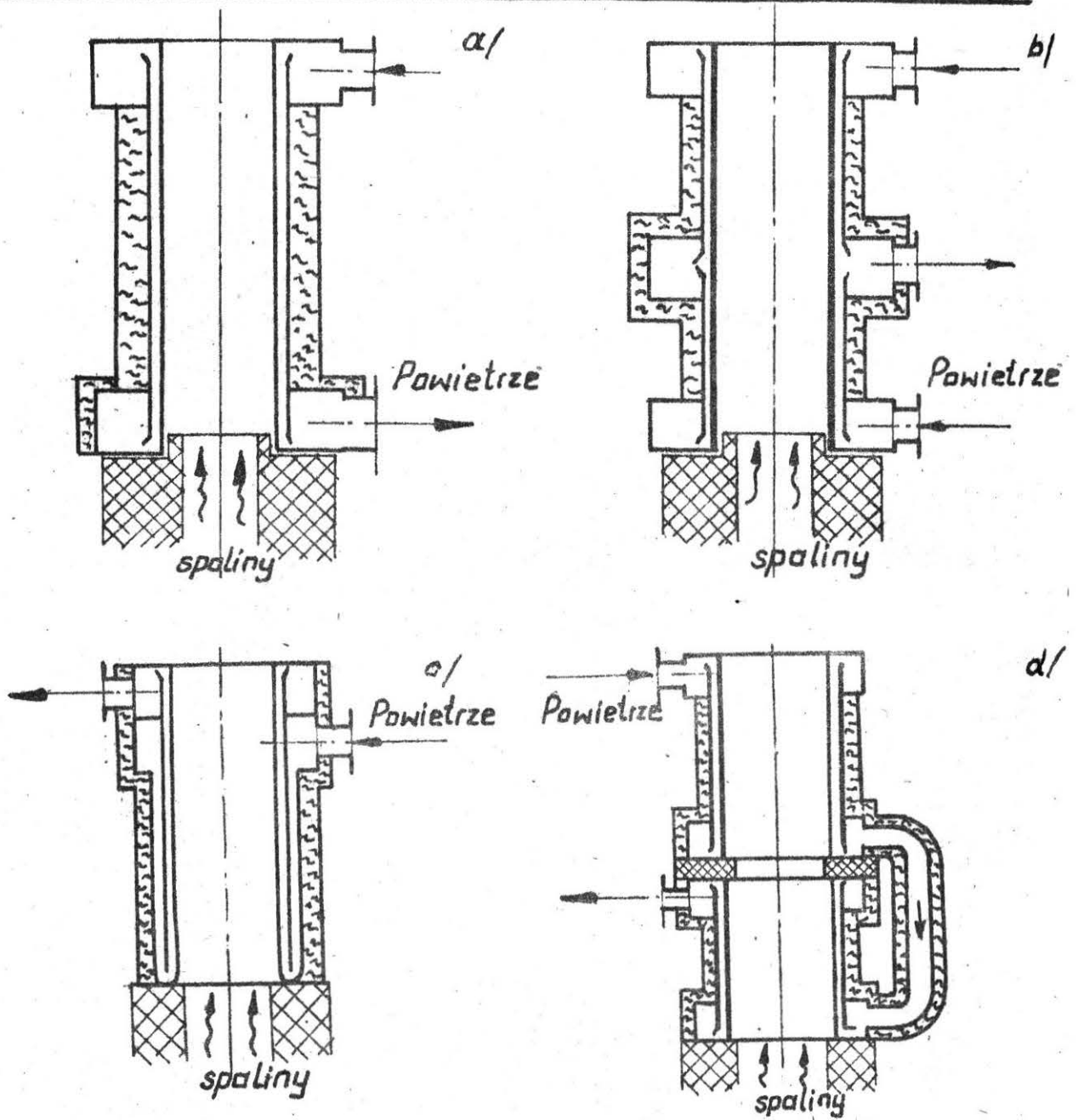
Rys. 9. Rekuperator konwekcyjny rurowy w poziomym kanale spalinowym



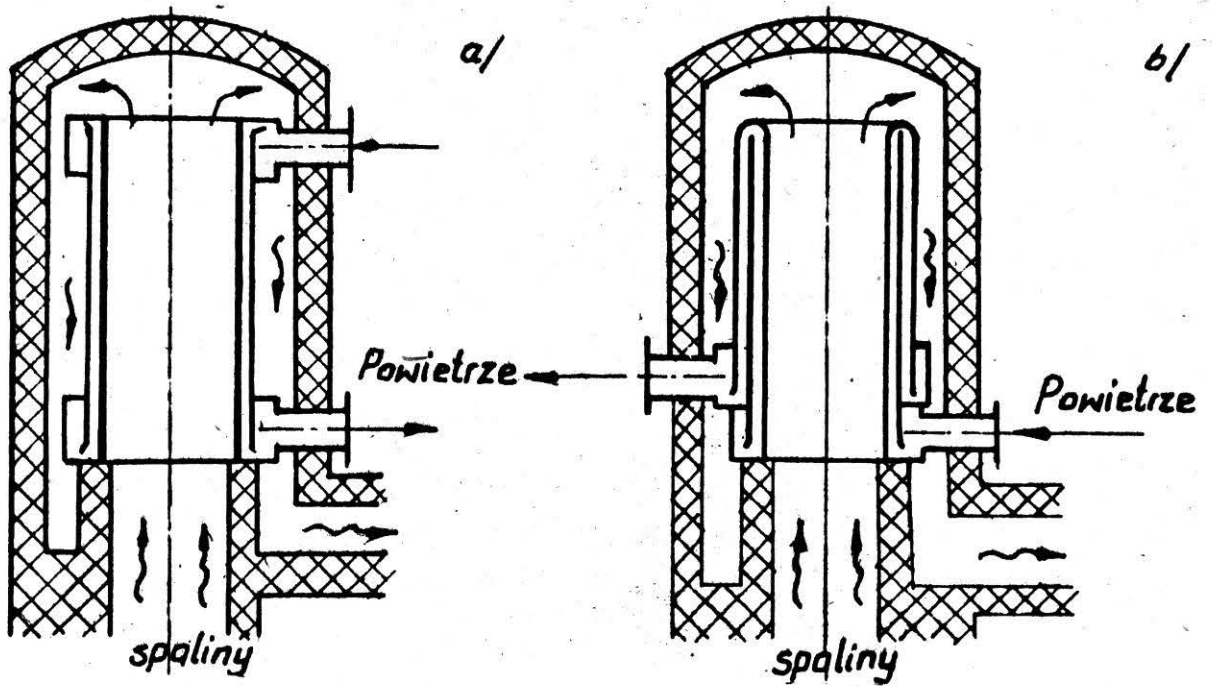
Rys. 10. Rekuperatory konwekcyjne rurowe w pionowych kanałach spalinowych

a/- układ krzyżowo-współprądowy 4-sekcyjny

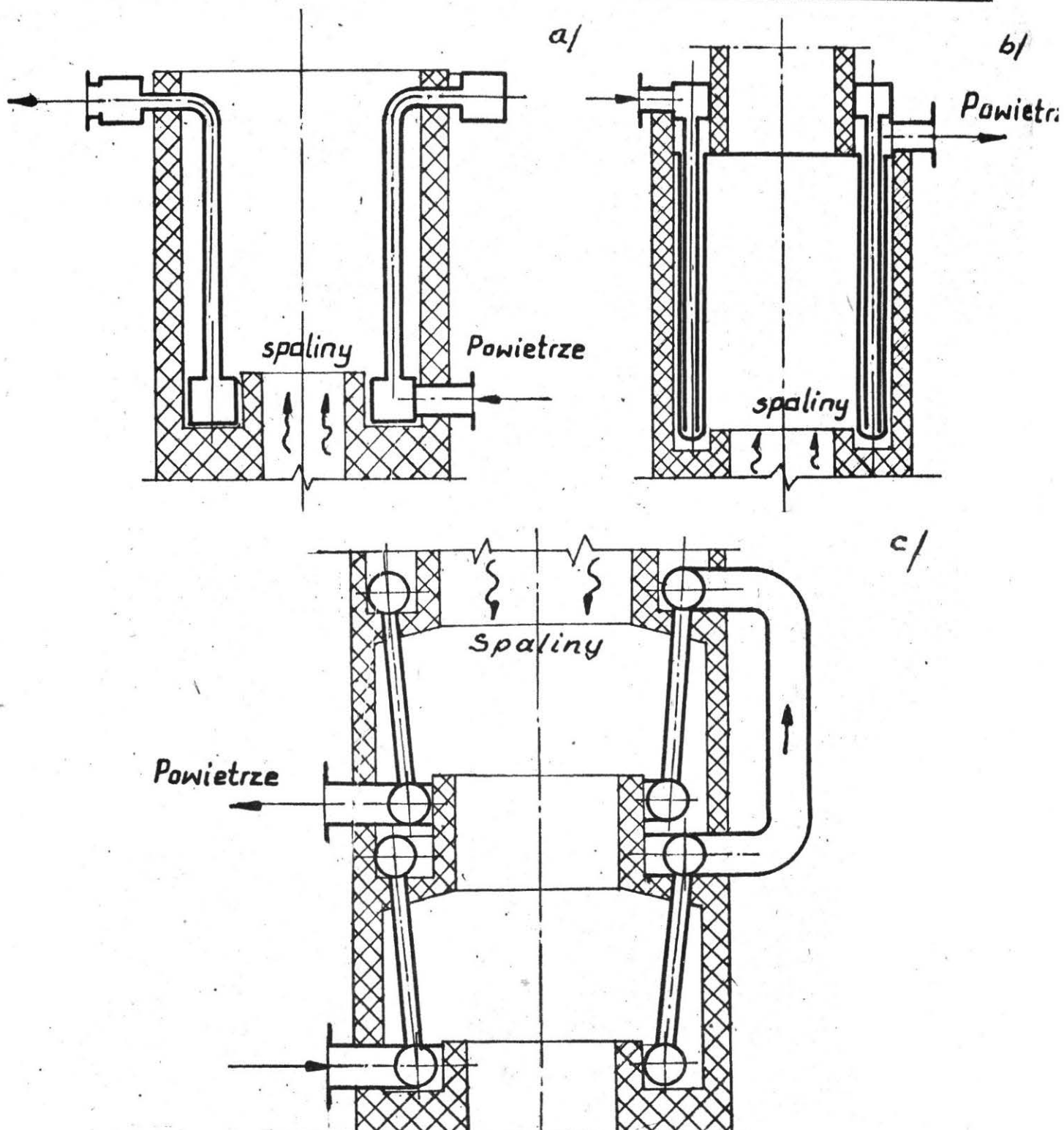
b/- układ przeciwpądowy 1-sekcyjny



Rys. 11. Rekuperatory radiacyjne szczelinowe pionowe z jednokierunkowym przepływem spalin  
 a/- przeciwprądowy, b/- współprądowo-przeciwprądowy,  
 c/- współprądowy z dwukierunkowym przepływem powietrza, d/- współprądowo - przeciwprądowy  
 2 - sekcyjny.



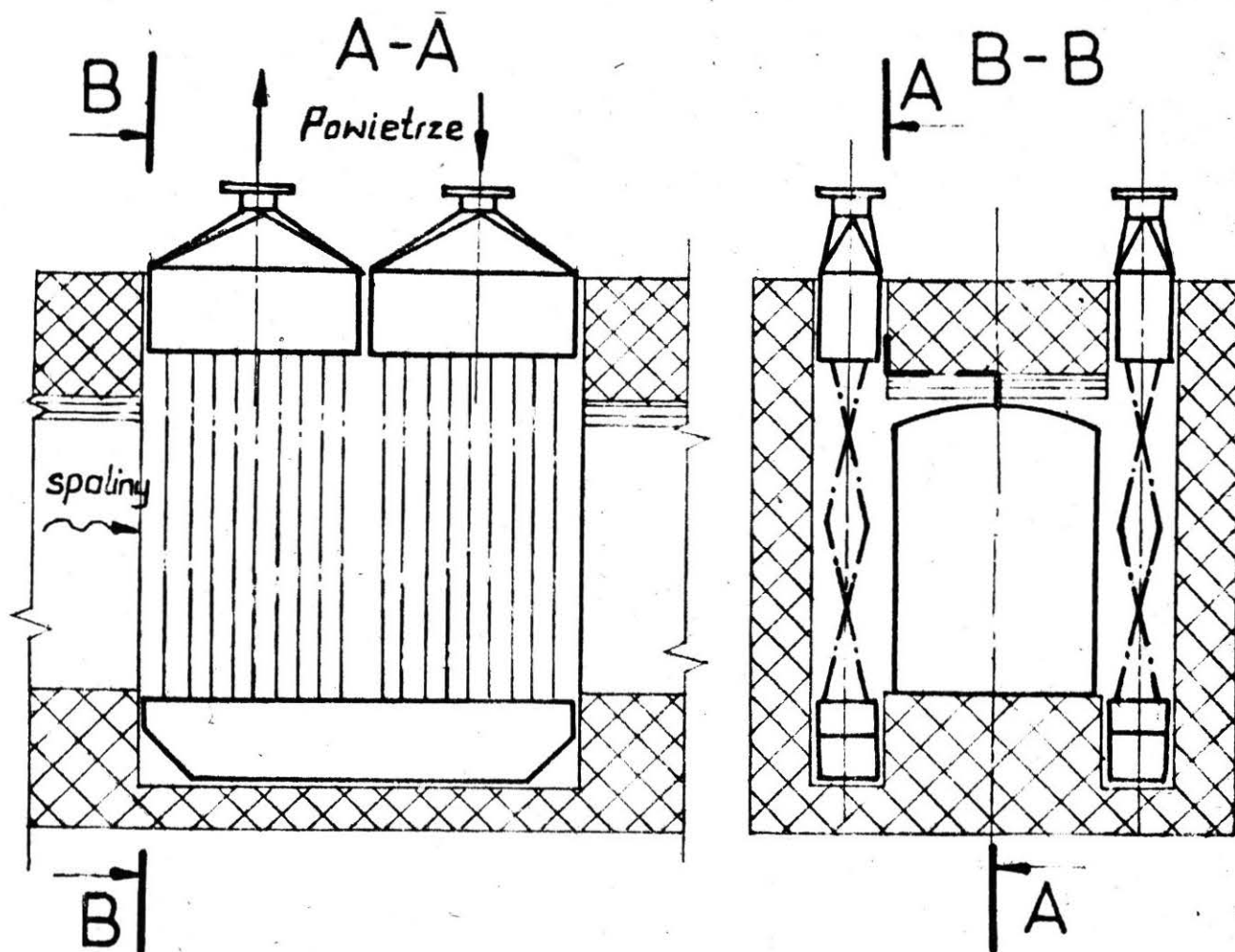
Rys. 12. Rekuperatory radiacyjne szczelinowe z dwukierunkowym przepływem spalin  
a/- przeciwprądowy, b/- o dwukierunkowym przepływie powietrza



Rys. 13. Rekuperatory radiacyjne rurowe

- a/- współprądowy, b/- o dwukierunkowym przepływie powietrza wielorurkowy /typ Fielda/  
 c/- przeciwprądowo-współprądowy





Rys. 14. Rekuperator radiacyjny rurowy w poziomym kanale spalinowym.

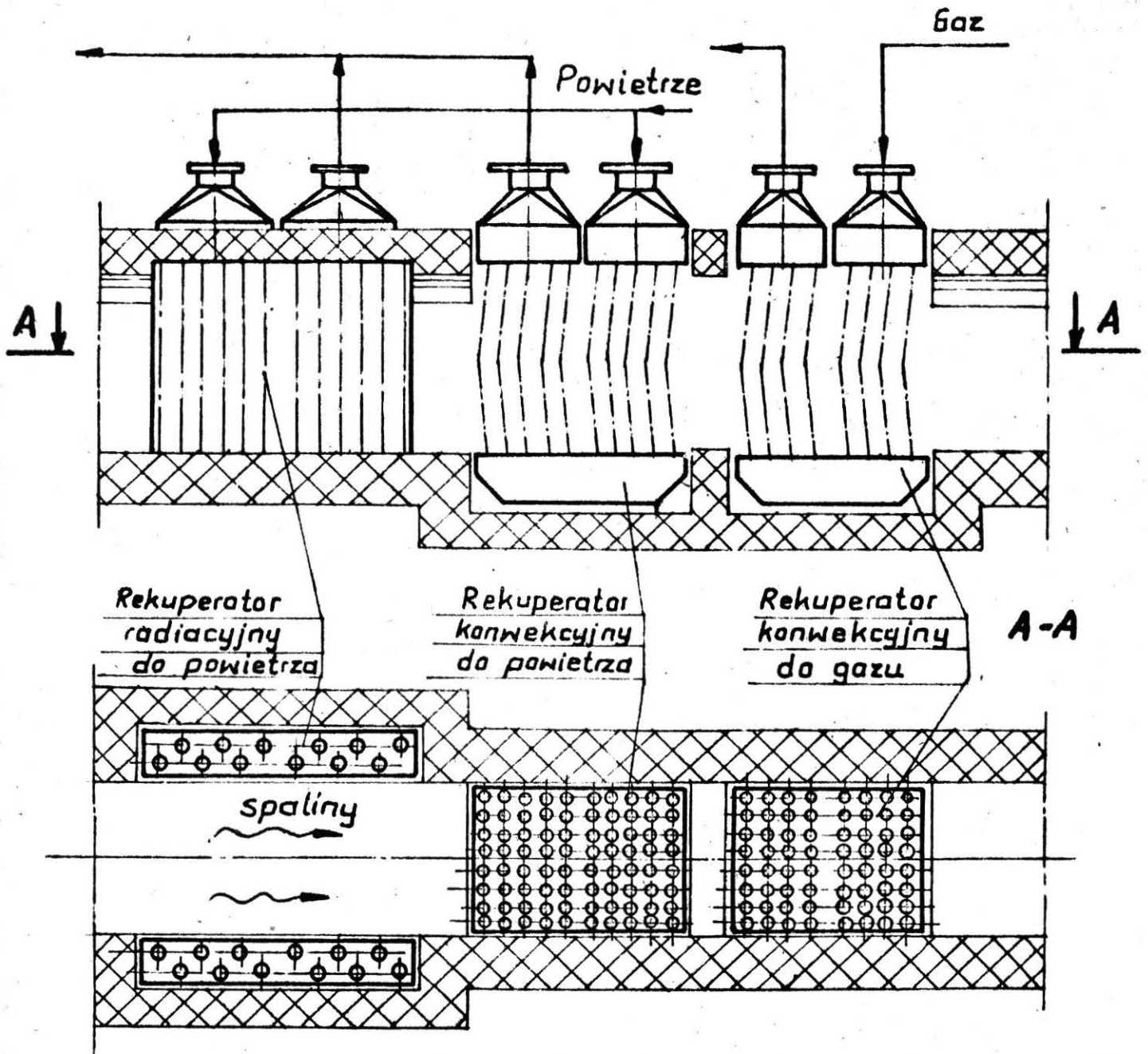
### 3.3. Rekuperatory kombinowane

Rekuperatory te wykorzystują obydwa sposoby wymiany ciepła t.j. promieniowanie oraz konwekcję i stanowią grupę pośrednią pomiędzy omówionymi poprzednio. Stąd też druga nazwa - rekuperatory radiacyjno-konwekcyjne. Dużą grupę stanowią rekuperatory składające się z odrębnych części - radiacyjnej i konwekcyjnej, umieszczonych we wspólnym kanale spalinowym /rys. 15/. Inną konstrukcją rekuperatorów kombinowanych o zwartej budowie są rekuperatory przedstawione na rys. 16 i 17.

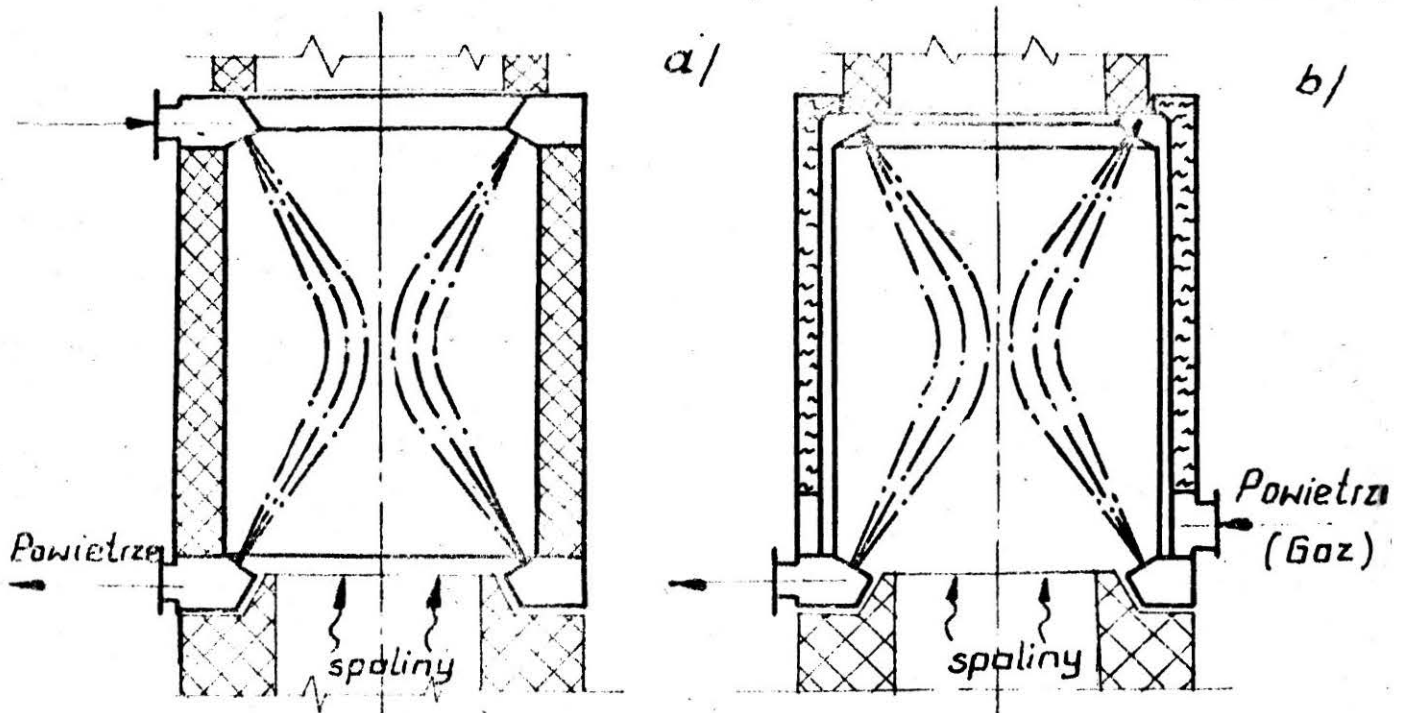
Tablica 2. Charakterystyka techniczna rekuperatorów

Lp.	Określenie	Jedn.	Typ rekuperatora			
			konwekcyj- ne	radiacyj- ne szcze- linowe	radiacyj- ne rurowe	kombino- wane
1.	Maksymalna temperatu- ra spalin na wlocie do rekuperatora	K /°C/	do 1300 /1000/ <sup>1/</sup>	1300 + + 1600 /1000 + + 1200/	1300 + + 1600 /1000 + + 1300/	1000 + + 1500 /1000 + + 1200/
2.	Temperatura nagrzewa- nia powietrza	K /°C/	do 800 /do 500/	do 900 /do 600/	do 900 /do 600/	do 900 /do 600/
3.	Temperatura nagrzewa- nia paliwa gazowego	K /°C/	600 /350/	—	—	700 /450/
4.	Całkowity współczynnik przenikania ciepła	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	12 ÷ 38	23 ÷ 50	23 ÷ 46	—
5.	Moc cieplna pieca przy- padająca na jednostkę powierzchni wymiany ciepła rekuperatora	$\frac{kW}{m^2}$	90 ÷ 140	154 ÷ 175	116 ÷ 164	—
6.	Moc cieplna pieca przypadająca na jed- nostkę objętości czyn- nej rekuperatora	$\frac{kW}{m^3}$	140 ÷ 186	—	174 + 233	—
7.	Prędkość powietrza lub gazu w warunkach normalnych	$\frac{m}{s}$	do 16	12 + 18	12 + 18	12 + 18
8.	Prędkość spalin w wa- runkach normalnych	$\frac{m}{s}$	do 3	0,4 + 0,6	0,4 + 0,6	do 3
9.	Stosunek masy kons- trukcji do powierzch- ni grzewczej	$\frac{kg}{m^2}$	50 + 100	150 + 200	100 + 150	—

1/ Wartości przybliżone

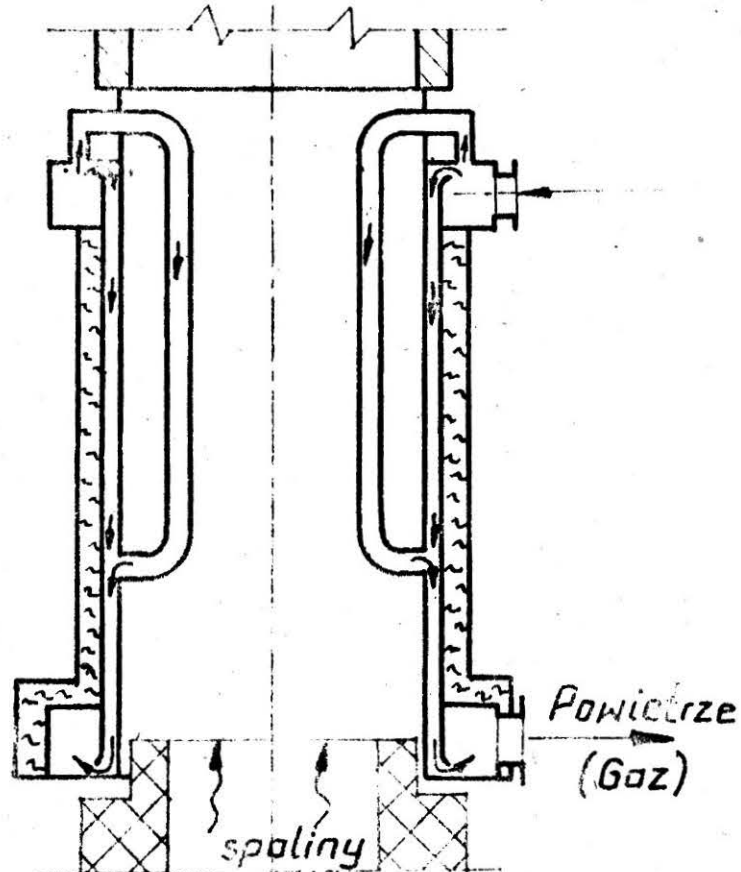


Rys. 15. Zespół rekuperatorów radiacyjno - konwekcyjnych do powietrza i gazu.



Rys. 16. Rekuperatory kombinowane /radiacyjno-konwekcyjne/

a/- przeciwnyprądowy, b/- współprądowo-przeciwnyprądowy  
z szczeliną zewnętrzną



Rys. 17. Rekuperator kombinowany z żobrami wewnętrznymi

#### 4. WARUNKI DOBORU REKUPERATORÓW

Rekuperatory dobiera się uwzględniając:

- a/ temperaturę spalin  $T_{1p}$  na wlocie do rekuperatora
- b/ rodzaj paliwa, którym opalany jest piec
- c/ ilości paliwa gazowego, powietrza i spalin
- d/ koszty zainstalowania rekuperatora
- e/ sposoby spalania i skład chemiczny spalin
- f/ charakter pracy pieca
- g/ warunki zabudowy rekuperatora.

4.1. Temperatura spalin  $T_{1p}$  - na wlocie do rekuperatora jest podstawowym czynnikiem, który decyduje o doborze typu rekuperatora. Temperatura  $T_{1p}$  jest funkcją temperatury spalin odlotowych z pieca. W celu doboru konstrukcji rekuperatora należy określić z tolerancją  $\pm 10 \text{ K } / ^\circ\text{C} /$  :

- a/ temperaturę najwyższą spalin na dolocie do rekuperatora, jaka może wystąpić w dowolnym cyklu grzania wsadu w piecu, dla którego dobiera się rekuperator
- b/ zakres zmian temperatury w czasie, od temperatury najniższej do najwyższej, oraz częstość występowania tych zmian /wykresy grzania wsadu/.

Ponadto należy zapoznać się z konstrukcją pieca oraz ze sposobami sterowania i regulacji pracy pieca.

Na podstawie tak określonej temperatury  $T_{1p}$  dobiera się typ rekuperatora korzystając z tabl.3.

Tablica 3. Dobór rekuperatorów pod względem temperatury spalin wlotowych

Charakter pracy pieca ↑)	Temperatura spalin wlotowych T <sub>sp</sub> [°C/2]		Rekuperator powietrza spalania		Rekuperator paliwa gazowego /zgodnie z p.4.2/
	powyżej	do	Sekcja wstępna	Sekcja zasadnicza	
Piece o pracy ciągłej	—	700 /400/	nie stosuje się		
	700 /400/	1200 /900/	—	Rekuperator konwekcyjny	Rekuperator konwekcyjny
	1200 /900/	1400 /1100/	—	Rekuperator kombinowany	Rekuperator kombinowany lub konwekcyjny
			Rekuperator radiacyjny lub konwekcyjny	Rekuperator konwekcyjny	
	1400 /1100/	1600 /1300/	Rekuperator radiacyjny	Rekuperator radiacyjny	Rekuperator kombinowany lub konwekcyjny
Rekuperator kombinowany					
Piece o pracy okresowej	—	900 /600/	nie stosuje się		
	900 /600/	1200 /900/	—	Rekuperator konwekcyjny	Rekuperator konwekcyjny
	1200 /900/	1400 /1100/	—	Rekuperator kombinowany	Rekuperator kombinowany lub konwekcyjny
			Rekuperator radiacyjny lub konwekcyjny	Rekuperator konwekcyjny	
	1400 /1100/	1600 /1300/	Rekuperator radiacyjny	Rekuperator radiacyjny	Rekuperator kombinowany lub konwekcyjny
Rekuperator kombinowany					

1/ Określenia zgodnie z ZN-81/2745-03

2/ Temperatuty przybliżone

4.2. Rodzaje paliw. Do opalania pieców grzewczych i pieców do obróbki cieplnej stosuje się paliwa gazowe zgodnie z tabl. 4., lub olej opałowy. W przypadkach opalania pieca gazami nisko kalorycznymi, jak gaz wielkopieczowy i mieszankowy, stosuje się rekuperatory do podgrzewania paliwa gazowego. Rekuperatory te lokalizuje się za rekuperatorami powietrznymi, jak pokazano na rys. 15. Gdy jako paliwo dla pieca stosuje się olej opałowy, w rekuperatorach podgrzewa się tylko powietrze spalania.

Tablica 4. Rodzaje paliw gazowych

Określenie	Wartość opałowa			
	MJ/m <sup>3</sup>		kcal/m <sup>3</sup>	
	ponad	do	ponad	do
Gaz wielkopieczowy	3,77	4,82	900	1150
Gaz mieszankowy	4,82	11,31	1150	2700
Gaz koksowniczy	15,92	19,27	3800	4600
Gaz ziemny zaazotowany	20,95	31,42	5000	7500
Gaz ziemny wysokometanowy	31,42	39,80	7500	9500
1/ W warunkach normalnych				

4.3. Ilości paliwa, powietrza i spalin służą do wyznaczenia wielkości powierzchni wymiany ciepła rekuperatora do podgrzewania powietrza lub paliwa gazowego. W obliczeniach cieplnych rekuperatora należy także uwzględnić zakresy zmian ilości paliwa, powietrza i spalin zachodzące w czasie zabiegów grzania lub obróbki cieplnej realizowane w danym piecu. Ilość przepływającego powietrza lub paliwa gazowego powinna wynosić co najmniej 25% ilości nominalnej dla której obliczony został rekuperator. Przy ilościach mniejszych może dojść do przepalenia rekuperatora.

4.4. Koszty zainstalowania rekuperatora. Decyzję zainstalowania rekuperatora należy podjąć na podstawie analizy ekonomicznej, w której uwzględnia się:

- typ pieca,
- rodzaj paliwa i jego koszt,
- koszt energii elektrycznej dla napędu wentylatora powietrza spalania,
- cena rekuperatora i koszty jego konserwacji /czyszczenia/,
- trwałość rekuperatora,
- roczny czas pracy pieca itp.

Można także korzystać z tablicy 5, w której podane są graniczne wartości strumieni paliwa, dla 4 rodzajów paliw gazowych, przy których stosowanie rekuperacji jest jeszcze opłacalne. Jeśli wartości graniczne strumieni paliwa są mniejsze od podanych w tablicy 5, stosowanie rekuperatorów jest nieopłacalne. Ponieważ gaz wielkopiecowy w hutach produkowany jest po kosztach własnych, znacznie różniących się między sobą, w tabeli 5 nie został uwzględniony.



Tablica 5. Wartości graniczne strumieni paliwa ze względu na zakres opłacalności stosowania rekuperacji, m<sup>3</sup>/h 1/

Roczny czas pracy pieca  h/rok	$\Delta T_{SO} = 500 \text{ K}$		$\Delta T_{SO} = 700 \text{ K}$		$\Delta T_{SO} = 900 \text{ K}$		$\Delta T_{SO} = 1100 \text{ K}$	
	Charakter pracy pieca							
	okres.	ciągł.	okres.	ciągł.	okres.	ciągł.	okres.	ciągł.
Gaz koksowniczy								
2000	326	282	176	156	110	99	77	72
3000	187	162	105	91	67	62	50	46
4000	118	105	69	62	46	42	36	33
5000	86	77	50	46	34	32	26	24
6000	68	62	40	37	28	26	22	21
7000	56	50	34	31	23	22	18	17
Gaz mieszkankowy								
2000	1150	885	490	430	275	255	207	190
3000	590	475	295	265	175	161	128	114
4000	345	290	190	170	120	111	87	80
5000	245	210	136	124	89	82	65	57
6000	190	163	105	99	70	65	53	49
7000	152	130	86	81	60	56	45	42
Gaz ziemny wysokometanowy								
2000	143	119	76	69	47	43	34	31
3000	82	69	47	42	29	27	21	19
4000	51	45	30	27	20	18	15	13
5000	38	33	23	21	15	14	11	10
6000	30	26	18	16	12	11	9	8
7000	25	22	15	14	10	10	8	7,5
Gaz ziemny zaazotowany								
2000	251	216	136	122	84	76	59	55
3000	152	127	80	73	52	48	38	35
4000	88	79	57	48	35	32	28	25
5000	67	59	39	36	26	24	22	20
6000	54	47	31	29	21	19	18	16
7000	44	38	26	24	18	16	15	13
1/ W warunkach normalnych								

4.5. Sposoby spalania i skład chemiczny spalin. W zależności od stopnia agresywności oddziaływania spalin na tworzywo, z którego wykonane są rekuperatory wyróżnia się :

- a/ trzy grupy spalin różniące się zawartością siarki i popiołów ;  
 b/ dwa sposoby spalania paliwa gazowego lub oleju opałowego :  
 - z niedomiarem powietrza  $\lambda < 1$  wówczas uzyskuje się spaliny o własnościach redukujących  
 - z nadmiarem powietrza  $\lambda > 1$ , wówczas uzyskuje się spaliny o własnościach utleniających.

Składy chemiczne spalin z podziałem na grupy podane są w tabl.6. Nie ujęte w tej tabeli paliwa nie zawierające siarki, lecz pozostawiające popioły w praktyce występują bardzo rzadko, a z punktu widzenia własności agresywnych zalicza się je do grupy 3.

Tablica 6. Podział paliw pod względem własności agresywnych spalin.

Grupa spalin	Rodzaj paliwa	Produkty spalania	
		niepełnego $\lambda < 1$	całkowitego $\lambda > 1$
1	Bez siarki i nie pozostawiające popiołu	CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> ,
2	Zawierający siarkę lecz nie pozostawiające popiołu	CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S COS, SO <sub>2</sub> , S,	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> ,
3	Zawierające siarkę i pozostawiające popioły	CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S COS, SO <sub>2</sub> , S popioły	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , popioły
Własności chemiczne spalin		redukujące	utleniające

Ponadto w spalinach odlotowych z pieców mogą występować związki alkaliczne, oddziałujące agresywnie na tworzywa, z których wykonuje się rekuperatory.

4.6. Charakter pracy pieca. Zgodnie z normą ZN-81/2745-03 pod względem charakteru pracy pieca rozróżnia się dwie grupy:

- a/ piece o pracy ciągłej,
- b/ piece o pracy okresowej,

Do grupy pieców o pracy ciągłej zalicza się:

- piece przepychowe,
- piece pokroczne,
- piece obrotowe,
- piece samotokowe,
- piece przenośnikowe,
- piece szczelinowe itp.

Grupa pieców o pracy okresowej obejmuje:

- piece wglębne,
- piece z trzonami stałymi,
- piece z trzonami wysuwnymi,
- piece szybowe,
- piece kołpakowe itp.

#### 4.7. Warunki zabudowy rekuperatora

W zależności od typu i lokalizacji pieca, rekuperatory zabudowuje się na piecu lub w kanale spalinowym obok pieca, a także w kominie. Wielkość, kształt i położenie kanału spalinowego ma decydujący wpływ na konstrukcję rekuperatorów, przyczym rozróżnia się następujące rozwiązania:

- leżące,
- stojące,
- kominowe

Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych są przedstawione na rys.7 do 17. Aby w określonym kanale spalinowym zabudować rekuperator o wymaganej wielkości, dzieli się go na sekcje, które stanowią jakby samodzielne

rekuperatory. Po-szczególne sekcje łączy się ze sobą przy pomocy króćców i odcinków rurociągów, uzyskując w ten sposób różne układy wymiany ciepła. Przykłady podziału rekuperatorów są przedstawione na rys. 3 do 6.

### 5. TEMPERATURA PODGRZEWANIA SUBSTRATÓW SPALANIA

Temperaturę substratów spalania należy wyznaczyć na podstawie analizy ekonomicznej jak w p. 4.4. Można także korzystać z tablic 7 i 8, gdzie określone są optymalne temperatury podgrzewania substratów spalania i warianty rekuperacji.

Oznaczenia w tablicach 7 i 8:

$\Delta T_{SO}$  - temperatura spalin odlotowych z pieca bez rekuperacji, K /°

$T_A, T_G$  - optymalne temperatury podgrzewania powietrza i paliwa gazowego, K /°C/,

$l_R$  - długość rur rekuperatora w m, zgodnie z rys. 7a /można także przyjąć wysokość kanału spalinowego/,

Warianty rekuperacji:

ZR - zespół rekuperatorów do podgrzewania powietrza spalania i paliwa gazowego,

RP - rekuperator do podgrzewania powietrza spalania,

NO - rekuperacja nieopłacalna przy danych temperaturach spalin odlotowych i rocznego czasu pracy pieca.

Temperatura spalin odlotowych z pieca bez rekuperacji wynosi:

- dla pieców o pracy okresowej

$$\Delta T_{SO} = \Delta T_S \quad [K, ^\circ C]$$

- dla pieców o pracy ciągłej

$$\Delta T_{SO} = \Delta T_S + 0,35 \frac{A/T_A - T_{ot}/ + G/T_G - T_{ot}/}{S}$$

$$G = a_1 + 10^{-3} b_1 Wd$$

$$A = \lambda / a_2 + 10^{-3} b_2 Wd/$$

$$S = a_3 + 10^{-3} b_3 Wd + \lambda / a_4 + b_4 Wd/$$

gdzie:

$\Delta T_S$  - temperatura spalin odlotowych z pieca posiadającego rekuperator, K / °C /;

$T_O$  - temperatura otoczenia, K / °C /;

$W_d$  - wartość opałowa paliwa, którym opalany jest piec, kJ/m<sup>3</sup>;

$\lambda$  - współczynnik nadmiaru powietrza;

$a_1, a_2, a_3, a_4$

$b_1, b_2, b_3, b_4$  - współczynniki z tablicy 9.





Tablica 9. Współczynniki do określenia pojemności cieplnych paliwa powietrza i spalin

Rodzaj paliwa \ Pojemność cieplna	G		A		S			
	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$	$a_3$	$b_3$	$a_4$	$b_4$
Gaz woelkopicowy	29,89	0,0132	-1,28	0,267	35,00	0,0100	-1,41	0,296
Gaz mieszkankowy	30,65	0,0058	-9,78	0,346	32,78	0,0229	-10,83	0,383
Gaz koksowniczy	27,06	0,0107	-37,62	0,413	25,09	0,0395	-41,70	0,458
Gaz ziemny zaazotowany	28,83	-0,0094	30,45	0,271	29,08	0,0295	31,62	0,281
Gaz ziemny wysokometanowy	39,99	0	281,27	0	0	0	339,18	0



## 6. DOBÓR STALI NA REKUPERATORY

Na konstrukcje rekuperatorów dla pieców grzewczych i pieców do obróbki cieplnej stosuje się stale węglowe i stopowe do pracy w podwyższonych temperaturach, stale odporne na korozję i żaroodporne. W tabl. 10 są podane gatunki stali zalecane do budowy rekuperatorów, ich składy chemiczne oraz dopuszczalne temperatury pracy. Jako dopuszczalną temperaturę pracy uważa się najwyższą temperaturę długotrwałej pracy dla stali z których wykonane są elementy rekuperatora stykające się z gorącymi spalinami, jak rury, płyty sitowe itp. W tablicy uwzględniono także charakter pracy pieców zgodnie z p.4.6. i własności chemiczne spalin zgodnie z p.4.4. Podane w tabl.10 temperatury odnoszą się do warunków pracy dla pieców opalonych paliwem gazowym lub olejem opałowym stosowanym w hutnictwie. W przypadku podgrzewania innych gazów należy każdorazowo uwzględnić ich własności agresywne w stosunku do stali stosowanych do budowy rekuperatora.

Gdy w spalinach występują związki alkaliczne lub  $V_2O_5$  podane w tablicy 10 temperatury pracy należy obniżyć o 150 + 200 °C.

## 7. WYMAGANIA I WYTYCZNE PROJEKTOWANIA

### 7.1. Płyty sitowe

7.1.1. Materiał na płyty sitowe - blacha ze stali węglowych, odpornych na korozję lub żaroodpornych dobranych w zależności od temperatury zgodnie z tabl.10.

Zalecana grubość blachy sitowej 16 + 20 mm

7.1.2. Otwory w płytach sitowych. Średnice i tolerancje otworów zgodnie z tabl. 11. Powierzchnia otworów nie powinna mieć podłużnych rys i skaleczeń. Poprzeczne rysy obwodowe dopuszcza się w zakresie tolerancji otworów. Rozróżnia się następujące układy rozmieszczenia otworów w płycie sitowej:

- układ prostokątny - rys. 18
- układ przestawny - rys. 19

Wielkość podziałek  $t_1$  i  $t_2$  oraz tolerancje wymiarowe zgodnie z tabl.11.

Tablica 10. Stale stosowane w rekuperatorach oraz dopuszczalne temperatury pracy w °C

Gatunek stali	Skład chemiczny w %						Kategoria	Piece o pracy ciągłej		Piece o pracy okresowej					
	C	Cr	Ni	Ti	Si	Inne		Własności chemiczne spalin							
								Utleniające		Redukujące		Utleniające		Redukujące	
								-S	+S	-S	+S	-S	+S	-S	+S
K10	maks 0,17	maks 0,20	maks 0,35	-	0,10 do 0,35	-	A	450	400	400	400	400	400	400	400
15HM	0,11 do 0,18	0,7 do 1,0	-	-	0,15 do 0,35	Mo 0,4 do C, 5	A	550	500	500	500	500	450	500	450
OH17T	maks 0,08	16,0 do 18,0	maks 0,6	5x %C do 0,8	maks 0,8	Ti = 5x %C do 0,8	A	850	800	800	800	750	700	700	700
H25T	maks 0,15	24,0 do 27,0	maks 0,6	5x %C do 0,8	maks 1,0	-	A	1100	1000	900	900	900	850	750	750
1H18N9T	maks 0,10	17,0 do 19,0	8,0 do 10,0	5x %C do 0,8	0,8	-	B	850	nie stosuje się	700	nie stosuje się	750	nie stosuje się	700	nie stosuje się
H23N18	maks 0,20	22,0 do 25,0	17,0 do 20,0	-	maks 1,0	-	B	1050	nie stosuje się	900	nie stosuje się	950	nie stosuje się	750	nie stosuje się

a/ Podział pieców zgodnie z p.4.4.

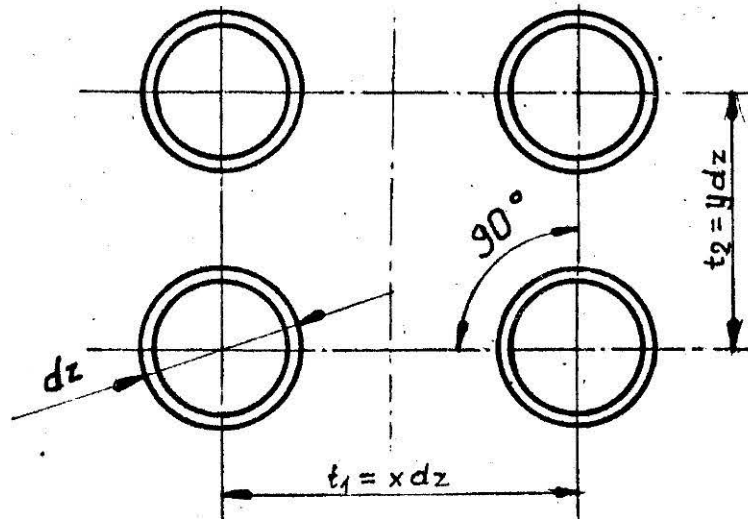
b/ Gatunki <sup>stali</sup> zgodnie z: PN-75/H-84024 - dla stali do pracy przy podwyższonych temperaturach gat. K10, 10H2M; PN-71/H-86020 - dla stali odpornych na korozję gat. OH17T, 1H18N9T; PN-71/H-86022 - dla stali żaroodpornych gat. H25T, H23H18.

c/ Oznaczenia:

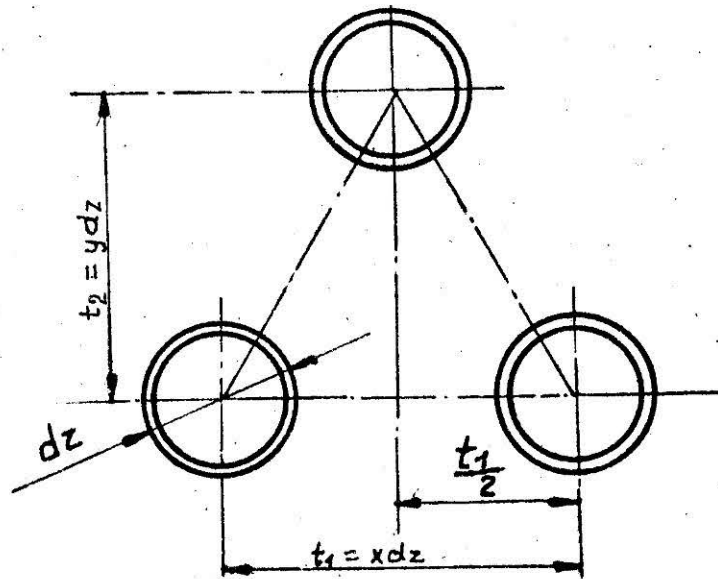
"-S" - siarka nie występuje,

"+S" - siarka w spalinach o własnościach utleniających występuje w postaci SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, a w spalinach redukujących w postaci H<sub>2</sub>S zgodnie z tabl.3.

d/ Stale gatunku 15HM tylko na rury kotłowe, użycie na inne cele wymaga zgody Komisji Racjonalizacji Produkcji jak dla kategorii B.



Rys. 18. Układ prostokątny



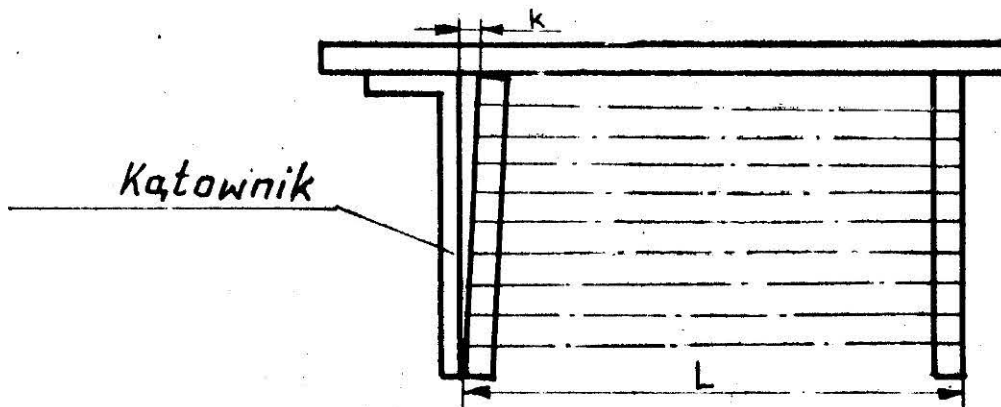
Rys. 19. Układ przestawny

Tablica 11. Średnice otworów i podziałki

Średnica zewnętrzna rury dz	Otwory w płycie sitowej		Współczynnik do obliczenia podziałki		Tolerancja podziałki t <sub>1</sub> i t <sub>2</sub> mm
	średnica do	tolerancja	x 1/	y 1/	
do 38	dz + 0,8	± 0,3	1,9 /1,8 + 2,0/	1,4 /1,3 + 1,6/	± 0,5
42,4 + 108	dz + 1,0		1,75	1,3	
powyżej 114,3	dz + 2		± 0,5	1,6 + 1,9/	

1/ w nawiasach wartości dopuszczalne

7.1.3. Odchyłki płyty sitowej od prostopadłości w stosunku do osi wiązki rurowej mierzona na obrzeżu płyty sitowej, /rys.20/, nie powinna przekraczać wyrotkości podanych w tabl.12.



Rys.20. Pomiar odchyłki płyty sitowej

Tablica 12. Dopuszczalne odchyłki płyty sitowej od prostopadłości w stosunku do osi wiązki rur.

Długość wiązki rurowej L	Dopuszczalna odchyłka k
mm	
do 1000	1,5
1001 + 2000	2,5
ponad 2000	4,-

## 7.2. Rury walcowane

### 7.2.1. Materiał

- dla rur ze stali węglowych stosuje się rury przewodowe - wg PN-80/H-74219, bez szwu, dokładności  $D_1$ , bez zabezpieczenia powierzchni, CZ,

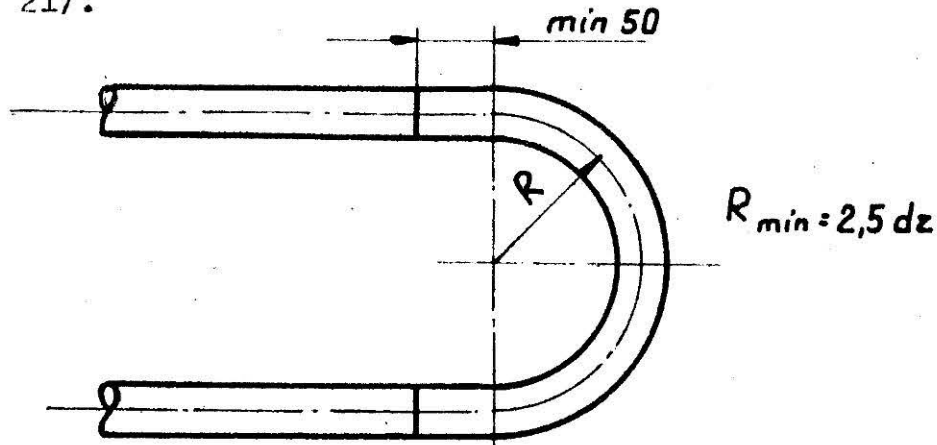
- dla rur ze stali do pracy w podwyższonych temperaturach stosuje się rury kotłowe B lub BZ, czarne CZ, stopnia wymagań I lub III wg PN-74/H-74252,

- dla rur ze stali odpornych na korozję lub żaroodpornych stosuje się rury wysokostopowe wg PN-75/H-74242 bez szwu B lub BZ, dokładności  $D_1$ . Materiał należy dobrać zgodnie z tabl.10.

Zalecane średnice rur:

38 x 4; 57 x 4; 60,3 x 4 i 70 x 4.

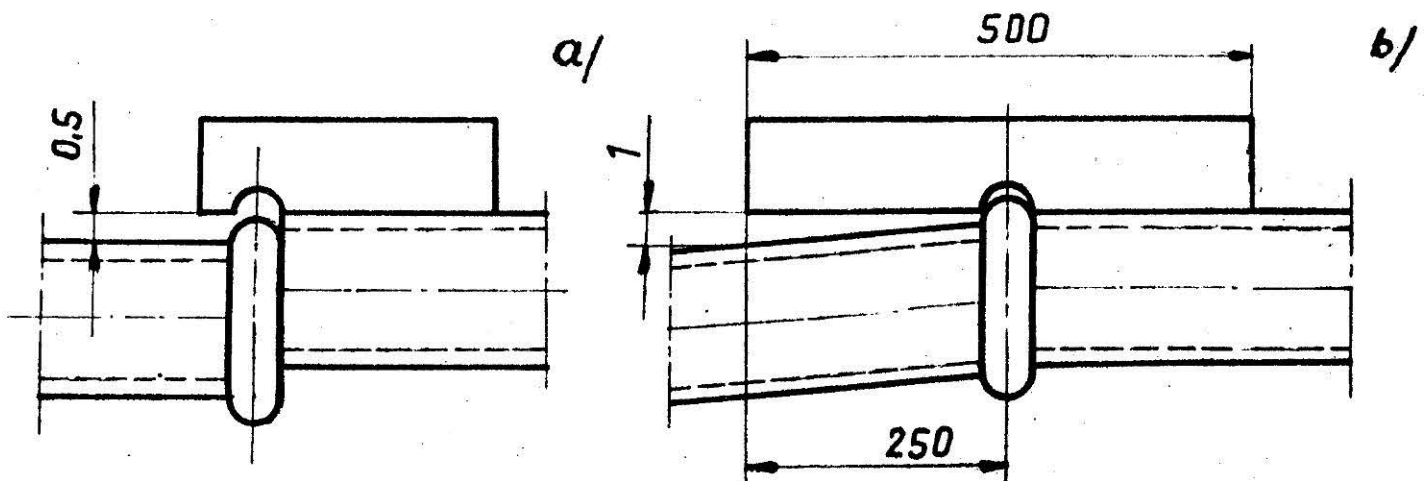
**7.2.2. Spawanie rur.** Rury w postaci litery u mogą być spawane najwyżej dwiema spoinami, które nie powinny znajdować się bliżej 50 mm od łuku /rys. 21/.



Rys. 21. Rozmieszczenie spoin na łuku.

Na rurach prostych lub wygiętych w kształcie wężownicy **lecz** nie w postaci litery U, dopuszcza się jedną spoinę, która nie powinna się znajdować bliżej niż 50 mm od końca krzywizny gięcia rury.

**7.2.3. Przesunięcie rur po spawaniu** nie powinno przekraczać 0,5 mm /rys. 22 a/ a maksymalne odchylenie rury mierzonej w odległości 250 mm od środka spawu nie powinno być większe niż 1 mm /rys. 22 b/



Rys. 22. Dopuszczalne przesunięcia rur po spawaniu.

7.2.4. Przeświet rur spawanych z dwóch odcinków prostych powinien być taki, aby przechodziła przez niego kulka o średnicy równej 0,9 średnicy wewnętrznej spawanych rur. Jeżeli rury są spawane po wygięciu ich poszczególnych części, /w postaci "U", węzownice itp/, dopuszcza się przewężenie średnicy wewnętrznej, które sprawdza się kulką o średnicy 0,86 średnicy wewnętrznej rury.

7.2.5. Odchylenie czoła rury od płaszczyzny prostopadłej do osi rury <sup>nie</sup> powinno być większe od 0,6 mm.

7.2.6. Owalizacja średnicy zewnętrznej

/  $e = d_{max} - d_{min}$  / w miejscach zgięcia /wiązki w kształcie "U", węzownice itp./ może być najwyżej taka, aby mogła przejść kulka kontrolna o średnicy 0,86 średnicy wewnętrznej rury.

7.2.7. Minimalny promień gięcia rury "R" wynosi 2,5 raza średnicy zewnętrznej /rys. 21/.

7.2.8. Ogólna odchyłka długości wiązki rurowej nie powinna przekraczać wartości podanych w tabl.13.

Tablica 13. Dopuszczalne odchyłki długości wiązki rur.

Długość wiązki rur L	Dopuszczalne odchyłki
mm	
do 1500	± 3
1500 + 2500	± 5
powyżej 2500	± 7

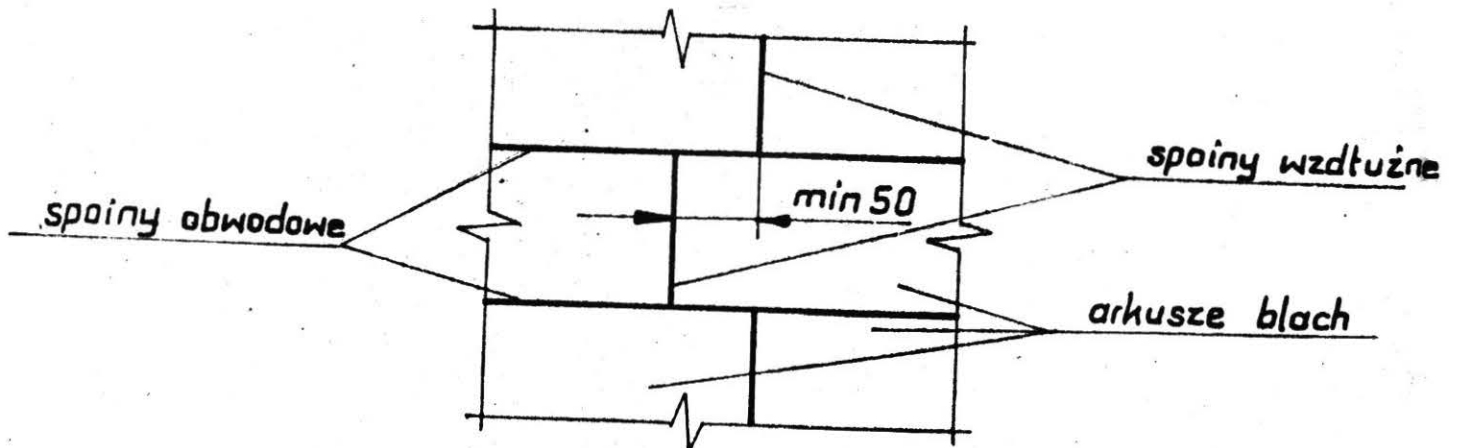


Tablica 14. Dopuszczalne odchyłki rur zwiżanych z blach

Średnica zewnętrzna rury	Dopuszczalne odchyłki			
	Średnicę rur	Prostopadłości czoła rury	Owalizacji średnic e	Grubości ścianek
mm				
do 323,9	± 1	0,5	2	± 0,4
powyżej 323,9 do 813	± 2	1	3	+ 1,2 - 0,8
powyżej 813 do 1420	± 3	1,5	3	+ 1,6
powyżej 1420	± 5	2	5	- 0,8

#### 7.3.4. Ogólna odchyłka długości rury

- zgodnie z PN-78/M-02139 - tabl. 3 "Szereg odchyłek zaokrąglonych - średniokładny".



Rys. 24. Spawanie blach dla rur zwiżanych z blach.



#### 7.4. Kształtki wlotowe, pośrednie i wylotowe

7.4.1. Materiał - na blachy i profile walcowane należy dobrać według następujących kryteriów :

- a/ dla powietrza i gazów nieagresywnych przy temperaturach ścian do 700 K /ok. 430°C/ - stal węglowa gatunku St3S lub St4S. wg PN-72/H-84020 i PN-81/H-84023.
- b/ dla powietrza i gazów nieagresywnych przy temperaturach powyżej 700 K /ok. 430°C/
  - stale stopowe odporne na korozję i żaroodporne zgodnie z tabl. 10
- c/ dla gazów agresywnych - stale wysokostopowe dobrane każdorazowo stosownie do składu chemicznego tych gazów.

7.4.2. Kołnierze - zgodne z PN-70/H-74731 lub PN-70/H-74732 stosownie do rurociągów podłączonych do kształtek.

7.4.3. Spawanie - zgodnie z p. 7.3.2.

#### 7.4.4. Wymiary i dopuszczalne odchyłki wymiarowe

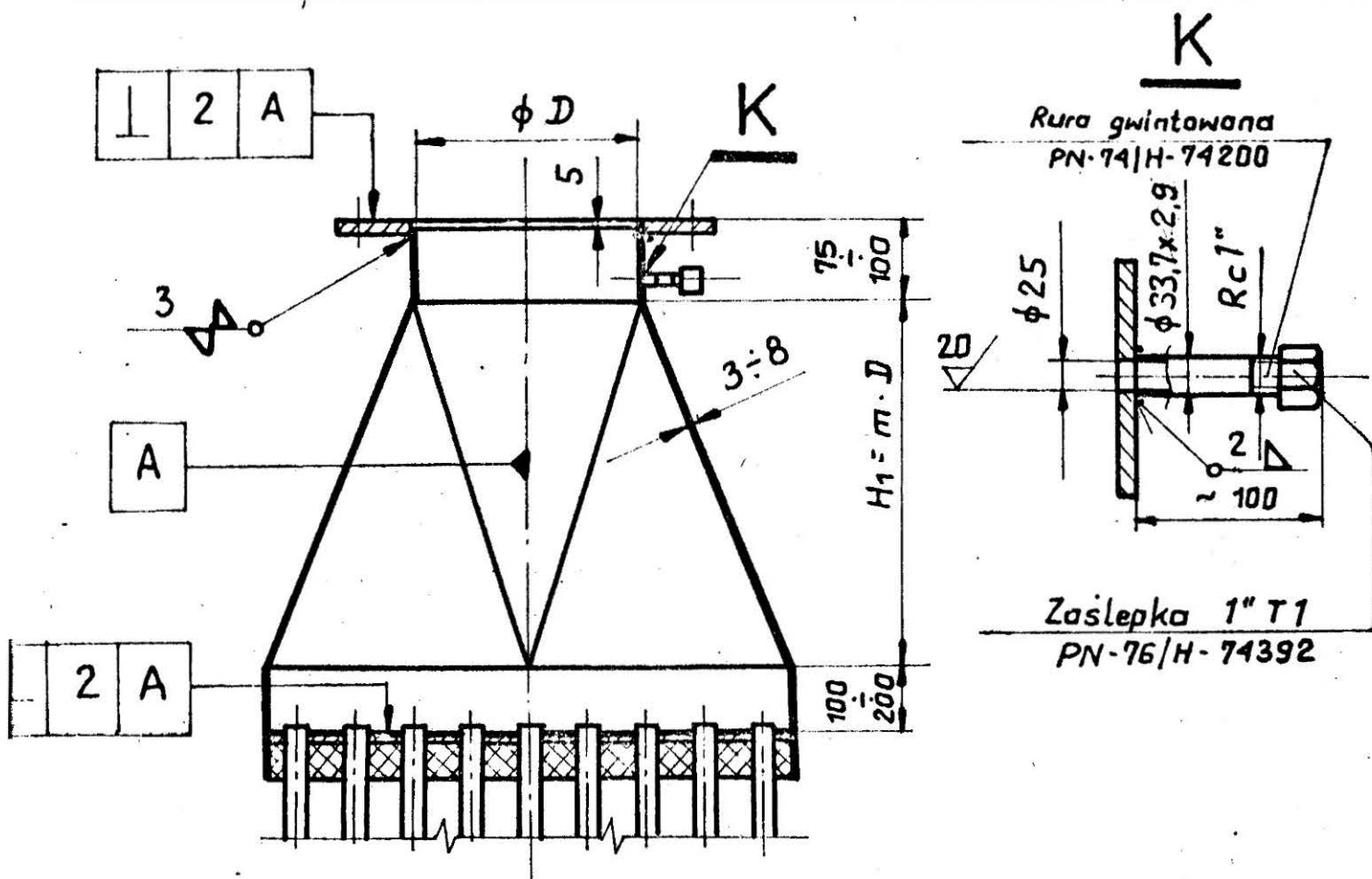
Średnice króćców należy wyznaczyć przy założeniu następujących prędkości :

$W = 10 + 15 \text{ m/s}$  - dla powietrza

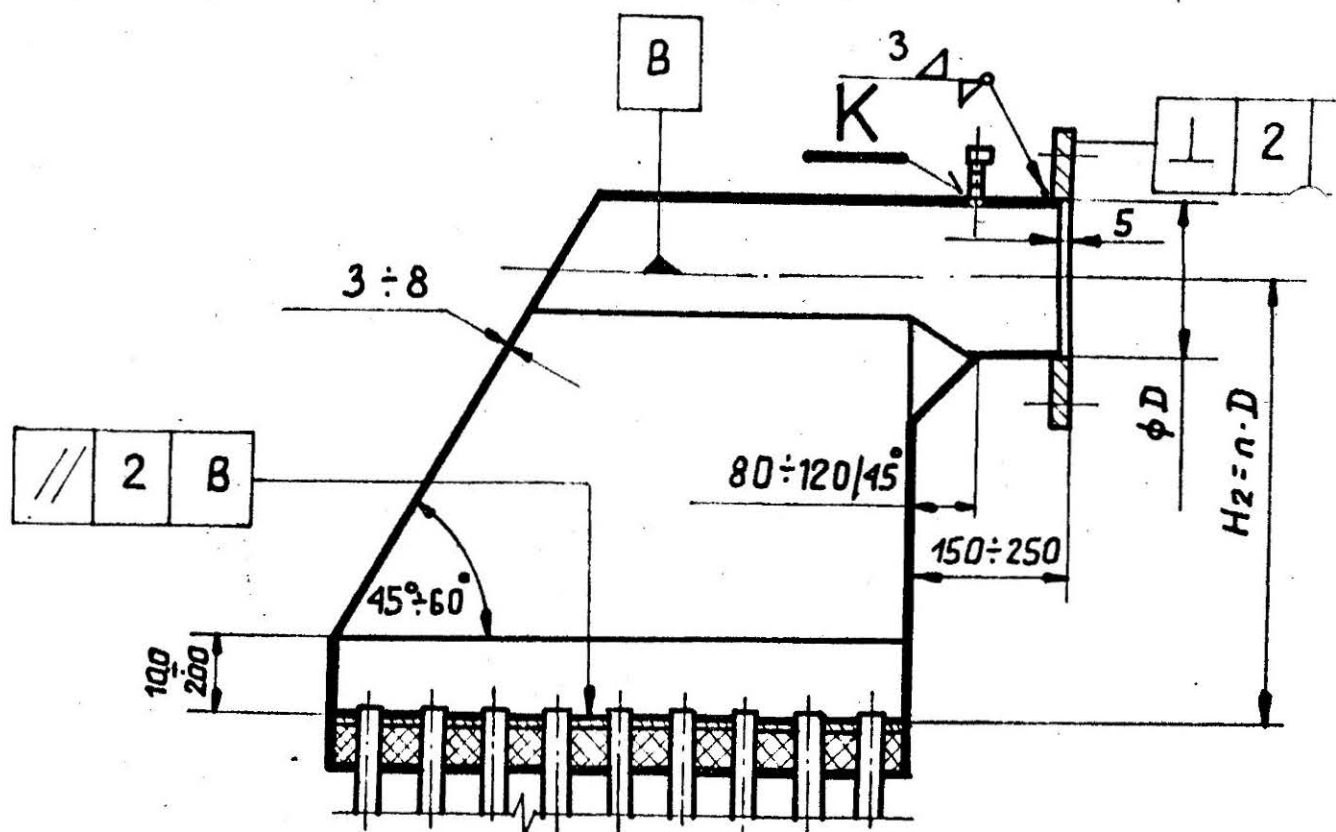
$W = 8 + 12 \text{ m/s}$  - dla paliwa gazowego

Są to prędkości rzeczywiste z uwzględnieniem temperatury przepływającego czynnika. Podstawowe wymiary minimalne dla dwóch typów kształtek w zależności od średnicy króćca są podane na rys. 25 i 26. Minimalne wymiary kształtek należy wyznaczyć korzystając z współczynników podanych w tabl. 15.

Zaleca się aby na kształtkach przewidzieć krótkie rurki  $\varnothing 33,7 \times 2,9 / 1''$ , z zaślepką 1" T1 wg PN-76/H-74392, dla kontroli spadku ciśnienia przy przepływie przez rekuperator /szczegóły "K"/.



Rys. 25. Kształtka z króćcem centralnym



Rys. 26. Kształtka z króćcem bocznym

Dopuszczalne odchyłki wymiarowe jak na rys.25 i 26. Wymiary nie tolerowane wykonać w klasie JT 12 wg PN-77/M-02102 lub PN-77/M-02103 za wyjątkiem elementów znormalizowanych /np. kołnierzy/ dla których obowiązują postanowienia przedmiotowych norm.

Tablica 15. Współczynniki do wyznaczenia wymiarów podstawowych króćców

Srednica rury D /mm/	do 300	ponad 300 do 800	powyżej 800
m	3,0	1,2	1,0
n	4,0	1,5	1,2

### 8. PRÓBA SZCZELNOŚCI

Rekuperator po zmontowaniu podlega próbie szczelności u wytwórcy oraz powtórnie po zainstalowaniu go przy piecu, razem z rurociągami piecowymi. Warunki prób szczelności rekuperatorów są zgodne z warunkami tej próby dla rurociągów piecowych.

Jeśli niema innych zaleceń, wynikających z pracy pieca, ciśnienia oraz składu chemicznego gazu itp, próby szczelności należy przeprowadzić zgodnie z punktami 8.1. do 8.4.

8.1. Czynności przygotowawcze. W trakcie wykonywania rekuperatora spawanego, spoiny podlegają kontroli szczelności w następujący sposób:

- a/ spoiny powleka się z zewnątrz farbą kredową, natomiast od wewnątrz smaruje się je naftą. W przypadku ukazania się tłustych plam, miejsca te należy wyciąć i spawać od nowa, po czym poddać ponownie kontroli szczelności. Usuwanie nieszczelności spoin, nawet najmniejszych przez doszczelnianie jest niedopuszczalne,
- b/ Próby szczelności rekuperatorów należy przeprowadzić przed malowaniem, montażem końcowym oraz wykonaniem izolacji,
- c/ Przed przystąpieniem do próby szczelności rekuperatora należy zaślepić króćce na kołnierzach.
- d/ Przez jeden z króćców wtłoczyć powoli powietrze o ciśnieniu próbnym zgodnie z p.8.2.a. dla rekuperatorów powietrznych lub 8.3.a. dla rekuperatorów gazowych.

### 8.2. Próba szczelności rekuperatora powietrznego

- a/ Ciśnienie próbne rekuperatora powietrznego wynosi; ciśnienie obliczeniowe /maksymalne wentylatora/ plus 5 kPa /500 mm H<sub>2</sub>O/, jednak nie mniej jak 30 kPa /3000 mm H<sub>2</sub>O/.
- b/ Gdy po zaprzestaniu tłoczenia powietrza i wyrównywaniu temperatury, wskazówka minie kreskę oznaczającą ciśnienie próbne minus 5 kPa /500 mm H<sub>2</sub>O/, uruchomić stoper, a następnie zatrzymać go po minięciu przez wskazówkę kreski oznaczającej ciśnienie próbne minus 10 kPa /1000 mm H<sub>2</sub>O/.
- c/ Jeżeli zmierzony stoperem czas jest większy od 60 minut rekuperator można uznać za szczelny.
- d/ W przypadku ciśnienia próbnego wynoszącego 30 kPa /3000 mm H<sub>2</sub>O/, ciśnienia pomiarowe wynoszą odpowiednio 25 kPa /2500 mm H<sub>2</sub>O/ i 20 kPa /2000 mm H<sub>2</sub>O/.

### 8.3. Próba szczelności rekuperatora gazowego

- a/ Ciśnienie próbne dla rekuperatora gazowego wynosi: ciśnienie obliczeniowe plus 15 kPa /1500 mm H<sub>2</sub>O/, jednak nie mniej niż 30 kPa /3000 mm H<sub>2</sub>O/.
- b/ Rekuperator gazowy uważa się za szczelny jeżeli strata ciśnienia po 2 /dwóch/ godzinach nie przekracza 2 % objętości powietrza znajdującego się w sprawdzanym rekuperatorze.
- c/ Stratę ciśnienia w % określa się według wzoru:

$$A = \left/ 1 - \frac{P_K}{P_p} \cdot \frac{T_p}{T_k} \right/ 100\%$$

gdzie oznaczono:

$P_p$  - bezwzględne ciśnienie powietrza w rekuperatorze na początku próby;

$P_k$  - bezwzględne ciśnienie powietrza w rekuperatorze na końcu czasu trwania próby;

$T_p$  - bezwzględna temperatura powietrza na początku próby;

$T_k$  - bezwzględna temperatura powietrza przy końcu czasu trwania próby.

Bezwzględne ciśnienie powietrza określa się jako sumę ciśnienia barometrycznego i nadciśnienia zmierzonego manometrem.

d/ Wytyczne przeprowadzenia prób szczelności rekuperatora gazowego, zostały opracowane na podstawie:

"INSTRUKCJI RAMOWEJ BEZPIECZEŃSTWA W GOSPODARCE GAZOWEJ W HUTNIC-  
TWIE", wydanej przez ZH Ist. - Katowice 1976 r.

Dalsze zalecenia tej instrukcji pozostają w mocy.

#### 8.4. Uwagi końcowe

- a/ Z przeprowadzonych prób szczelności rekuperatorów powietrznych lub gazowych należy sporządzić protokoły, z których po 1 egz. należy przesyłać do użytkownika.
- b/ Po zabudowaniu przy piecach, rekuperatory podlegają ponownie próbom szczelności, wspólnie z rurociągami powietrza spalania względnie rurociągami gazowymi. Warunki przeprowadzenia prób szczelności powinny być identyczne z podanymi wyżej. Dotyczy to szczególnie rekuperatorów gazowych.
- c/ Po stwierdzeniu szczelności rekuperatora u producenta oraz na montażu, należy każdorazowo dokonać oględzin zewnętrznych, czy nie dokonano uszkodzeń mechanicznych co obniżyłoby jego jakość i trwałość.

K O Ń I E C

#### INFORMACJE DODATKOWE

##### 1. Instytucja opracowująca normę

BPIKDMIUH - "Hutmaszprojekt-Hapeko" - Zakład Projektowania Gliwice.

##### 2. Normy i dokumenty związane

PN-74/H-74200 Rury stalowe ze szwem gwintowane

PN-80/H-74219 Rury stalowe bez szwu walcowane na gorąco ogólnego za-  
stosowania

PN-75/H-74242 Rury stalowe bez szwu wysokostopowe ze stali odpor-  
nej na korozję i żaroodpornej

PN-74/H-74252 Rury stalowe bez szwu kotłowe

PN-76/H-74392 Łączniki z żeliwa ciągliwego

PN-70/H-74731 Rurociągi i armatura. Kołnierze przypawane okrągłe  
płaskie. Ciśnienie nominalne 2,5 i 6 kg/cm<sup>2</sup>.

PN-70/H-74732 Rurociągi i armatura. Kołnierze przypawane okrągłe  
płaskie. Ciśnienie nominalne 10 i 16 kg/cm<sup>2</sup>.

- PN-72/H-84020 Stal węglowa konstrukcyjna zwykłej jakości ogólnego przeznaczenia. Gatunki
- PN-81/H-84023 Stal określonego zastosowania. Gatunki
- PN-75/H-84024 Stal do pracy przy podwyższonych temperaturach. Gatunki
- PN-71/H-86020 Stal odporna na korozję /nierdzewna i kwasoodporna/. Gatunki
- PN-71/H-86022 Stal żaroodporna. Gatunki
- PN-77/M-02102 Tolerancje i pasowania. Układ tolerancji wałków i otworów o wymiarach do 500 mm
- PN-77/M-02103 Tolerancje i pasowania. Układ tolerancji wałków i otworów o wymiarach powyżej 500 mm
- PN-78/M-02139 Odchyłki wymiarów nietolerowanych
- PN-75/M-69014 Spawanie łukowe elektrodami otulonymi, stali węglowych i niskostopowych. Przygotowanie brzegów do spawania
- ZN-81/2745-03 Piece grzewcze stosowane w hutnictwie. Pojęcia podstawowe i określenia

- INSTRUKCJA RAMOWA BEZPIECZEŃSTWA W GOSPODARCE GAZOWEJ W HUTNICTWIE.  
Wyd. ZHŻiSt - Katowice 1976 r.
- NOWOCZESNE MATERIAŁY ŻAROODPORNE - Stanisław Mrowiec, Teodor Werber.  
WNT-Warszawa 1968.
- Opracowanie optymalnych założeń projektowo-konstrukcyjnych wybranych urządzeń do odzysku energii odpadowej.  
Zadanie 5.2.01.01.d2. - "Instrukcja doboru i eksploatacji rekupe-  
ratorów powietrznych i paliwowo-powietrznych zespołów rekuperato-  
rów", Politechnika Śląska Instytut Techniki Ciepłej -  
- Gliwice 1984 r.

3. Autorzy projektu normy - mgr inż. Jan Stachnowski, mgr inż. Jerzy Maciąg - Hutmaszprojekt-Hapeko.