

# Výmenníky tepla

# HEAT EXCHANGERS /E/

Prednáška

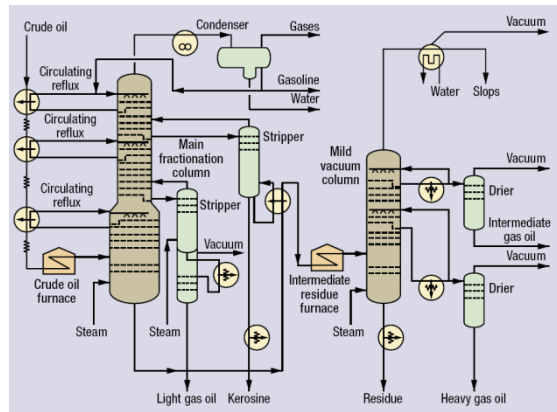
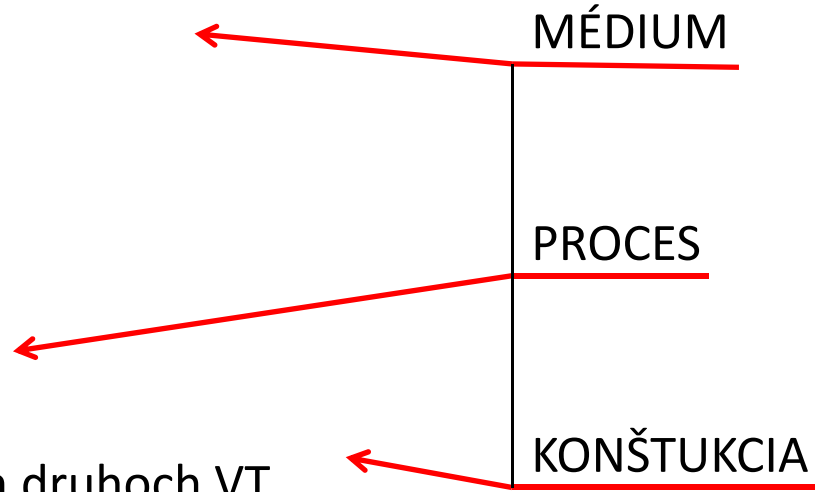
Vypracoval: Ing. Martin Juriga, PhD.

---

Bratislava, jún 2013

# Spôsob návrhu VT, návrhové parametre, optimalizácia, ...

- ❖ Dostatočná znalosť médií na oboch stranách
- ❖ Fyzikálno-chemické dáta
- ❖ Zanášanie
- ❖ Prítomnosť častíc ( ich veľkosť )
  
- ❖ Požadovaná/hľadaná teplota
- ❖ Maximálne tlaková strata
  
- ❖ Poznatky o základných konštrukčných druhoch VT



## Spôsob návrhu VT, návrhové parametre, optimalizácia, ...

$$Q = W_h c_h (T_1 - T_2)$$

Bilančná rovnica

$$Q = UA\Delta T_m$$

Kinetická rovnica

$Q$  = heat transferred per unit time,  $W$ ,

$U$  = the overall heat transfer coefficient,  $W/m^2\text{°C}$ ,

$A$  = heat-transfer area,  $m^2$ ,

$\Delta T_m$  = the mean temperature difference, the temperature driving force,  $\text{°C}$ .

Odpor

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_{od}} + \frac{d_o \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{2k_w} + \frac{d_o}{d_i} \times \frac{1}{h_{id}} + \frac{d_o}{d_i} \times \frac{1}{h_i}$$

$U_o$  = the overall coefficient based on the outside area of the tube,  $W/m^2\text{°C}$

$h_o$  = outside fluid film coefficient,  $W/m^2\text{°C}$ ,

$h_i$  = inside fluid film coefficient,  $W/m^2\text{°C}$ ,

$h_{od}$  = outside dirt coefficient (fouling factor),  $W/m^2\text{°C}$ ,

$h_{id}$  = inside dirt coefficient,  $W/m^2\text{°C}$ ,

$k_w$  = thermal conductivity of the tube wall material,  $W/m\text{°C}$ ,

$d_i$  = tube inside diameter,  $m$ ,

$d_o$  = tube outside diameter,  $m$ .

# Spôsob návrhu VT, návrhové parametre, optimalizácia, ...

Table 12.1. Typical overall coefficients

Shell and tube exchangers		
Hot fluid	Cold fluid	$U$ ( $W/m^2\text{°C}$ )
<i>Heat exchangers</i>		
Water	Water	800–1500
Organic solvents	Organic solvents	100–300
Light oils	Light oils	100–400
Heavy oils	Heavy oils	50–300
Gases	Gases	10–50
<i>Coolers</i>		
Organic solvents	Water	250–750
Light oils	Water	350–900
Heavy oils	Water	60–300
Gases	Water	20–300
Organic solvents	Brine	150–500
Water	Brine	600–1200
Gases	Brine	15–250
<i>Heaters</i>		
Steam	Water	1500–4000
Steam	Organic solvents	500–1000
Steam	Light oils	300–900
Steam	Heavy oils	60–450
Steam	Gases	30–300
Dowtherm	Heavy oils	50–300
Dowtherm	Gases	20–200
Flue gases	Steam	30–100
Flue	Hydrocarbon vapours	30–100
<i>Condensers</i>		
Aqueous vapours	Water	1000–1500
Organic vapours	Water	700–1000
Organics (some non-condensables)	Water	500–700
Vacuum condensers	Water	200–500
<i>Vaporisers</i>		
Steam	Aqueous solutions	1000–1500
Steam	Light organics	900–1200
Steam	Heavy organics	600–900

Air-cooled exchangers

Air-cooled exchangers		
Process fluid		
Water		300–450
Light organics		300–700
Heavy organics		50–150
Gases, 5–10 bar		50–100
10–30 bar		100–300
Condensing hydrocarbons		300–600
<i>Jacketed vessels</i>		
Jacket	Vessel	
Steam	Dilute aqueous solutions	500–700
Steam	Light organics	250–500
Water	Dilute aqueous solutions	200–500
Water	Light organics	200–300
<i>Gasketed-plate exchangers</i>		
Hot fluid	Cold fluid	
Light organic	Light organic	2500–5000
Light organic	Viscous organic	250–500
Viscous organic	Viscous organic	100–200
Light organic	Process water	2500–3500
Viscous organic	Process water	250–500
Light organic	Cooling water	2000–4500
Viscous organic	Cooling water	250–450
Condensing steam	Light organic	2500–3500
Condensing steam	Viscous organic	250–500
Process water	Process water	5000–7500
Process water	Cooling water	5000–7000
Dilute aqueous solutions	Cooling water	5000–7000
Condensing steam	Process water	3500–4500



# Spôsob návrhu VT, návrhové parametre, optimalizácia, ...

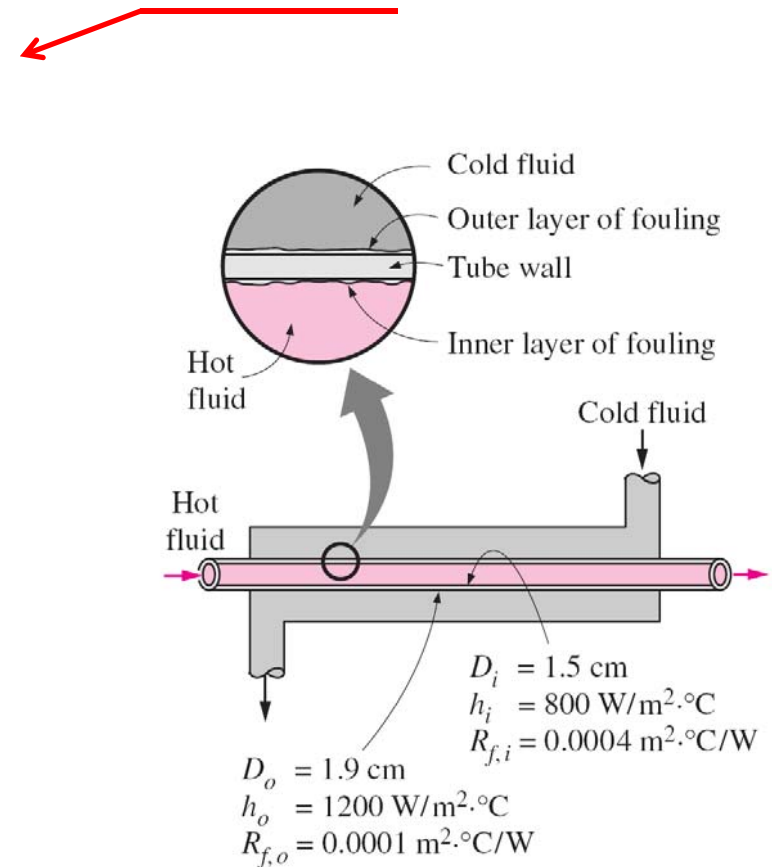
Table 12.2. Fouling factors (coefficients), typical values

Fluid	Coefficient ( $W/m^2\cdot^{\circ}C$ )	Factor (resistance) ( $m^2\cdot^{\circ}C/W$ )
River water	3000–12,000	0.0003–0.0001
Sea water	1000–3000	0.001–0.0003
Cooling water (towers)	3000–6000	0.0003–0.00017
Towns water (soft)	3000–5000	0.0003–0.0002
Towns water (hard)	1000–2000	0.001–0.0005
Steam condensate	1500–5000	0.00067–0.0002
Steam (oil free)	4000–10,000	0.0025–0.0001
Steam (oil traces)	2000–5000	0.0005–0.0002
Refrigerated brine	3000–5000	0.0003–0.0002
Air and industrial gases	5000–10,000	0.0002–0.0001
Flue gases	2000–5000	0.0005–0.0002
Organic vapours	5000	0.0002
Organic liquids	5000	0.0002
Light hydrocarbons	5000	0.0002
Heavy hydrocarbons	2000	0.0005
Boiling organics	2500	0.0004
Condensing organics	5000	0.0002
Heat transfer fluids	5000	0.0002
Aqueous salt solutions	3000–5000	0.0003–0.0002

Poznámky:

Napríklad pri fouling factor  
 0,0001 ( faktor znečistenia )  
 je ako by sem pridali na povrch  
 0,2 mm vrstvu vápenca s  
 tepelnou vodivosťou  $2,9 W/m^{\circ}C$

## Znečistenie



# Spôsob návrhu VT, návrhové parametre, hlavné pojmy, ...

$$\Delta T_m = F_t \Delta T_{lm}$$

where  $\Delta T_m$  = true temperature difference, the mean temperature difference for use in the design equation 12.1,

$F_t$  = the temperature correction factor.

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

where  $\Delta T_{lm}$  = log mean temperature difference,

$T_1$  = hot fluid temperature, inlet,

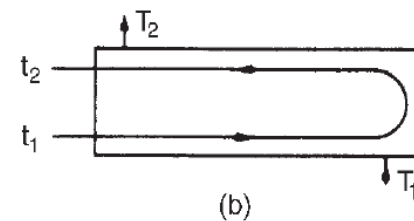
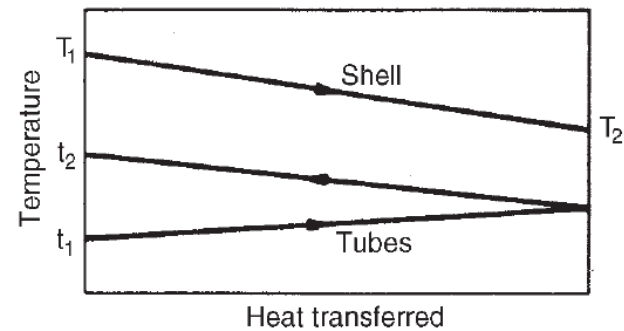
$T_2$  = hot fluid temperature, outlet,

$t_1$  = cold fluid temperature, inlet,

$t_2$  = cold fluid temperature, outlet.

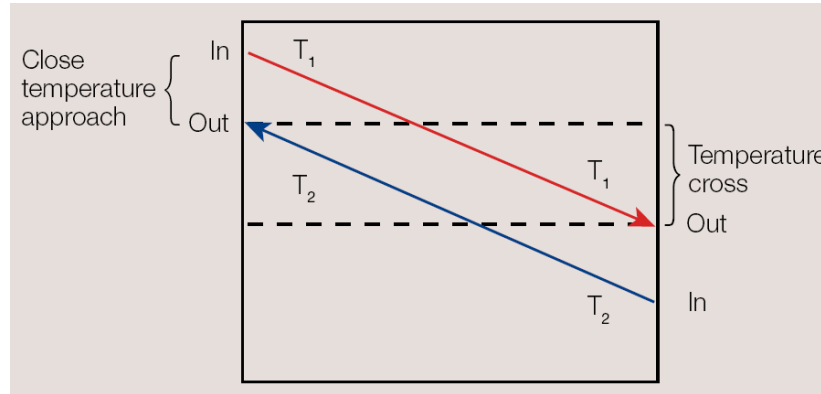
## Str. Logaritmická teplota

### LMTD



# Spôsob návrhu VT, návrhové parametre, hlavné pojmy, ...

- ❖ Area Density  
/Parameter  $\beta$ /
- ❖ Temperature approach
- ❖ Temperature cross  
/Cross-flow/
- ❖

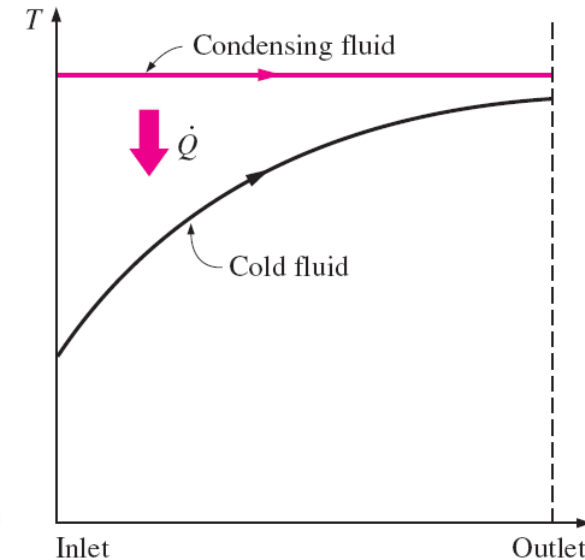
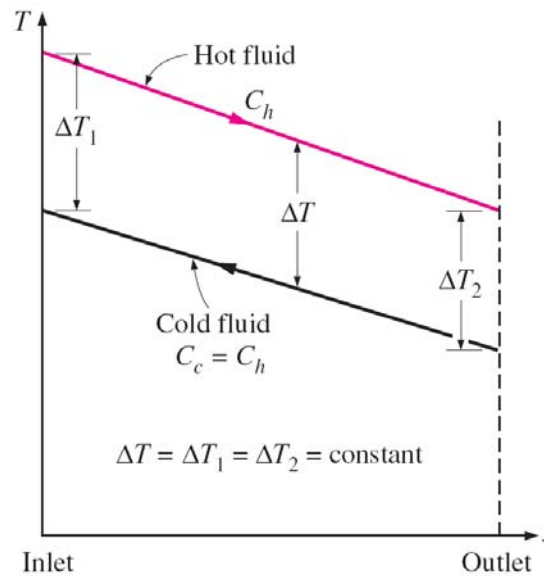


$\beta$ —pomer teplo-výmennej plochy k celkovému objemu výmenníka tepla:

$\beta$ —700 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> kompaktný VT

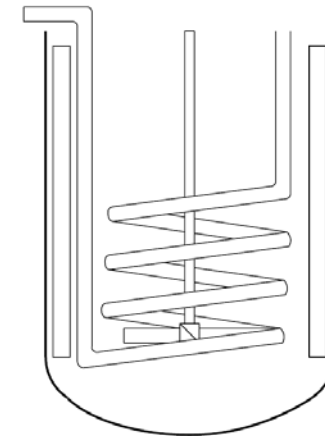
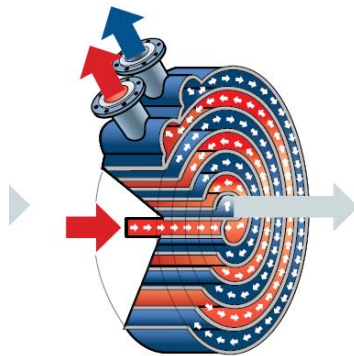
$\beta$ - 6000 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> keramický VT

$\beta$ - 20 000 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> ľudské pľúca VT



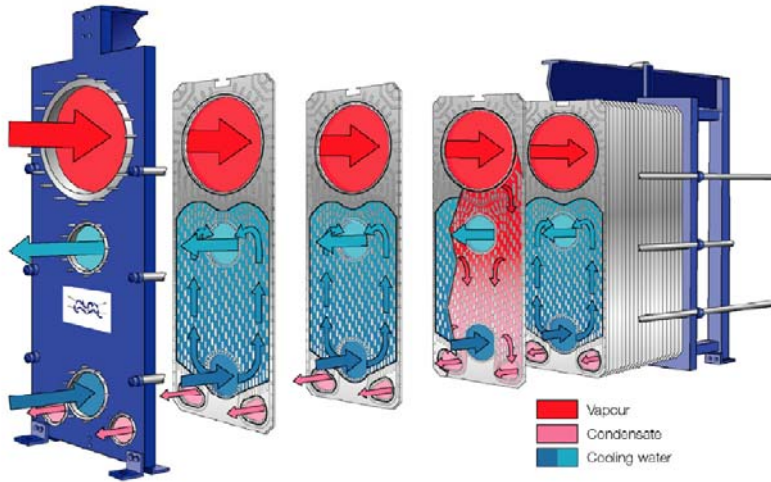
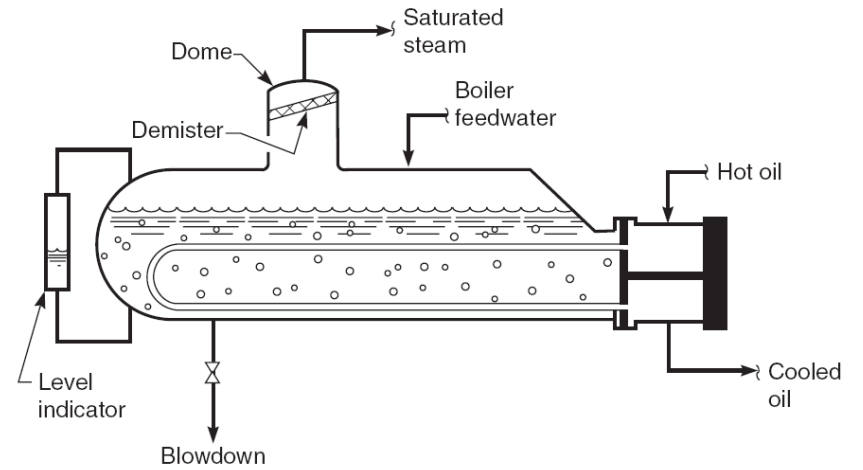
## Typy VT. Podľa použitia.

- ❖ Ohrievače
- ❖ Chladiče
- ❖ Varáky
- ❖ Kondenzátory

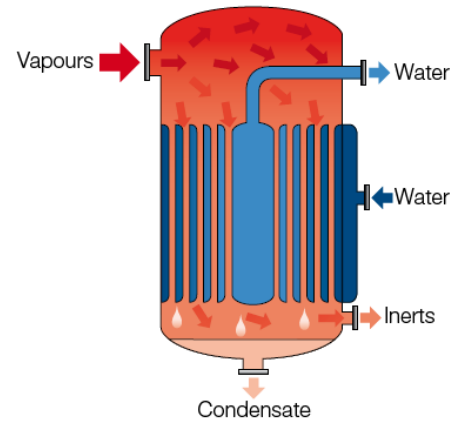


# Typy VT. Podľa použitia.

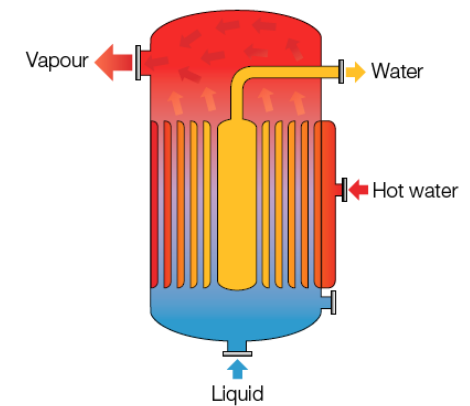
- ❖ Ohrievače
- ❖ Chladiče
- ❖ Varáky
- ❖ Kondenzátory



Condenser



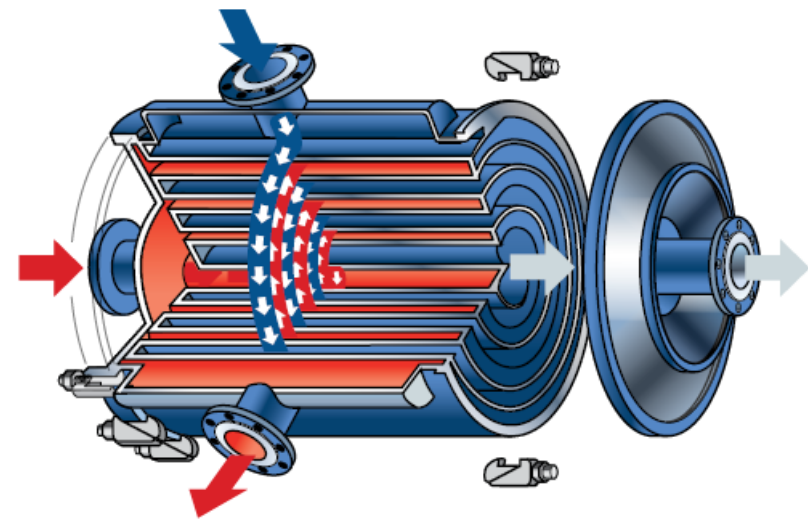
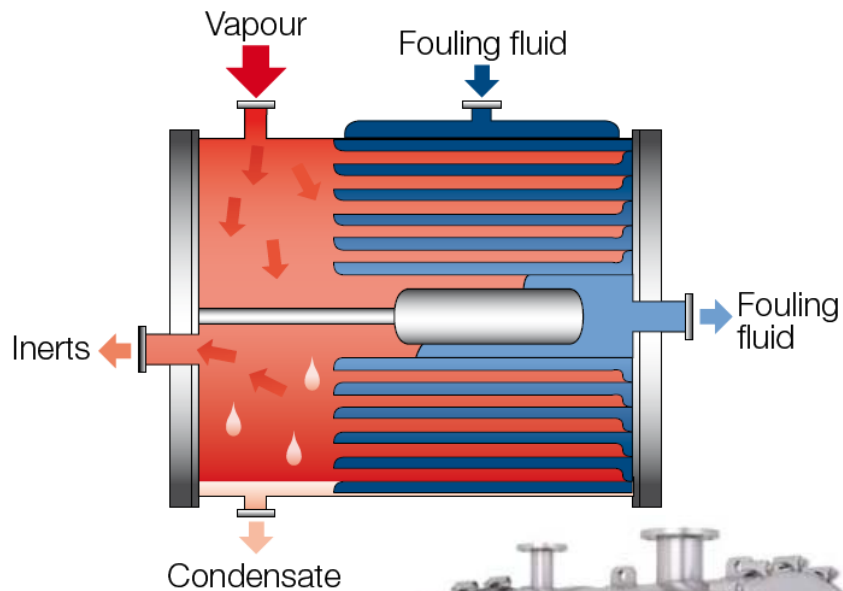
Evaporator/re-boiler





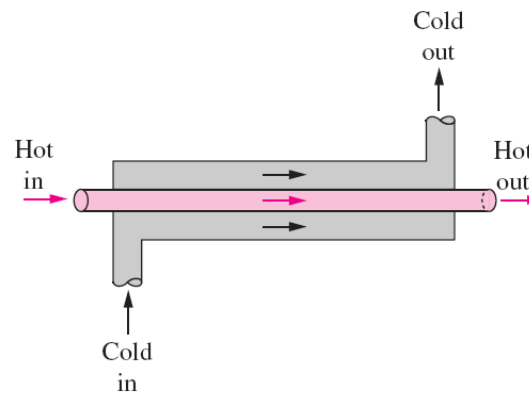
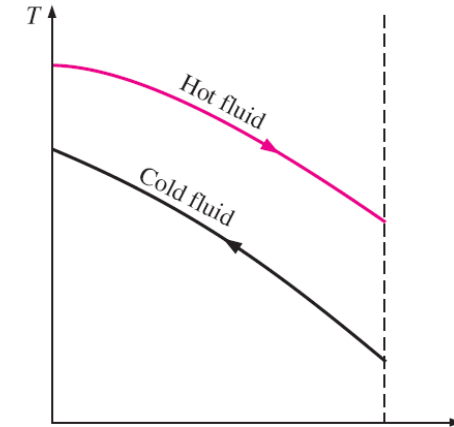
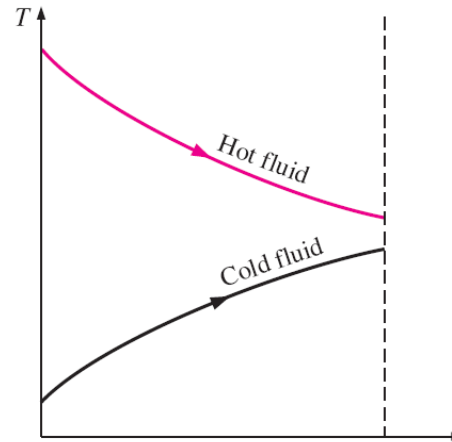
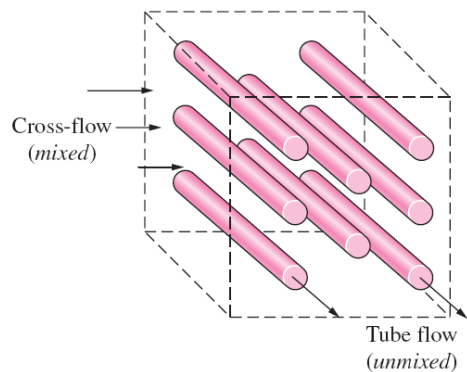
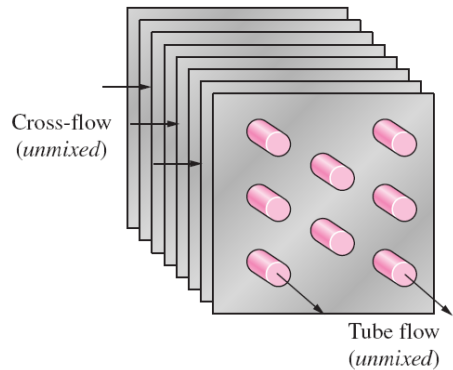
## Typy VT. Podľa charakteru výmeny tepla

- ❖ Bez zmeny skupenstva ( ohrievače, chladiče )
- ❖ Bez zmeny skupenstva ( varáky, kondenzátory )

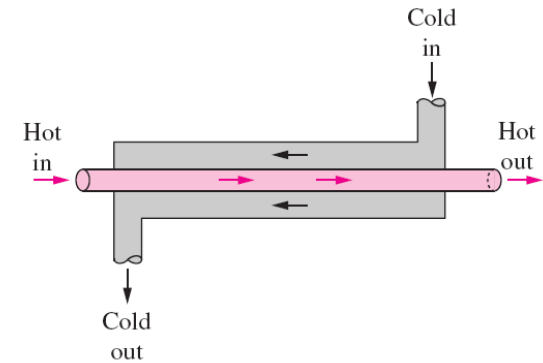


## Typy VT. Podľa typu prúdenia.

- ❖ Súprúd /Parallel/
- ❖ Protiprúd /Counter/
- ❖ Krížový tok /Cross-flow/
- ❖ Kombinácia



Co-current configuration

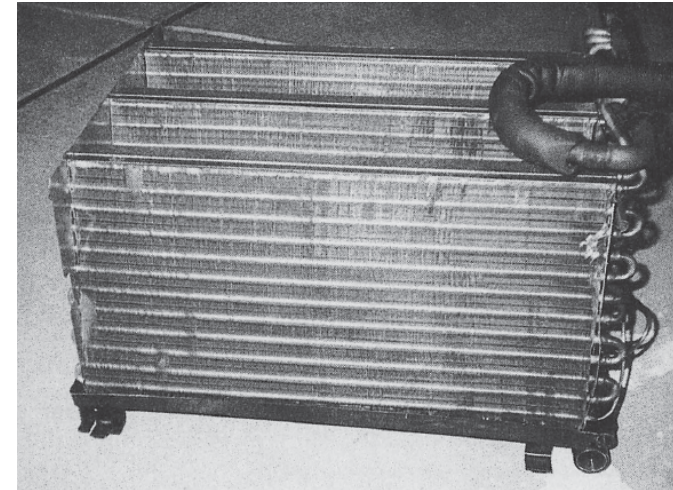
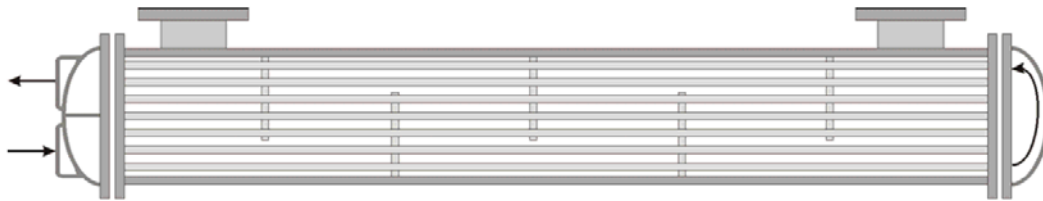
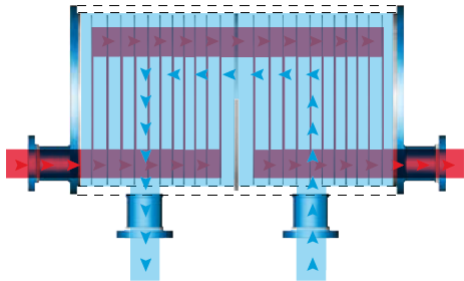


Counter-current configuration



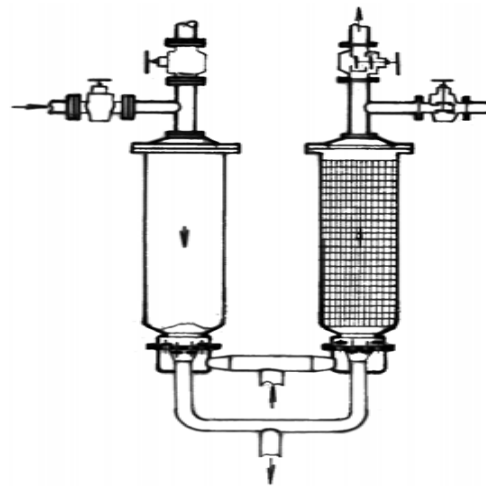
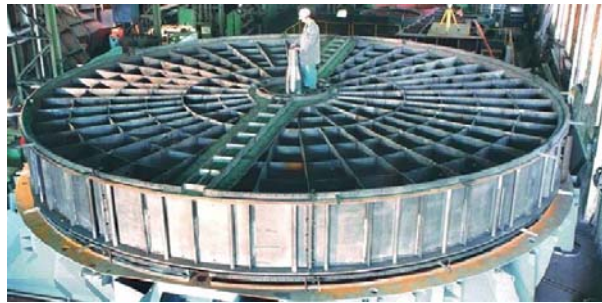
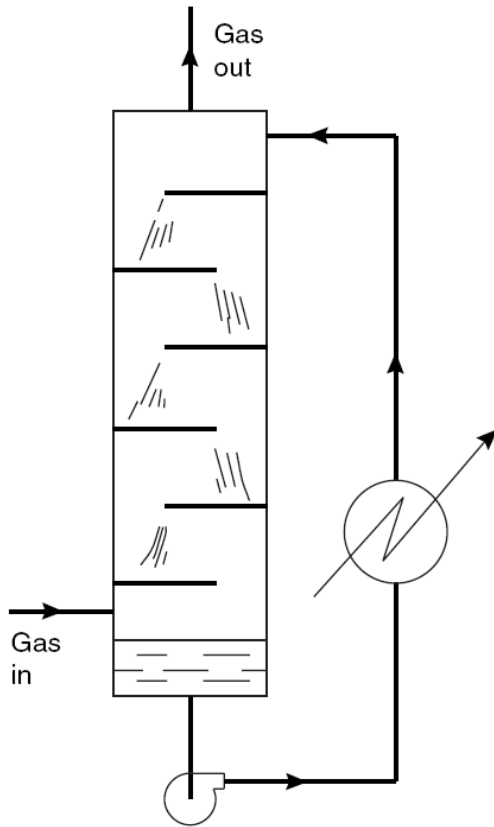
## Typy VT. Podľa typu prúdenia.

- ❖ Súprúd /Parallel/
- ❖ Protiprúd /Counter/
- ❖ Krížový tok /Cross-flow/
- ❖ Kombinácia



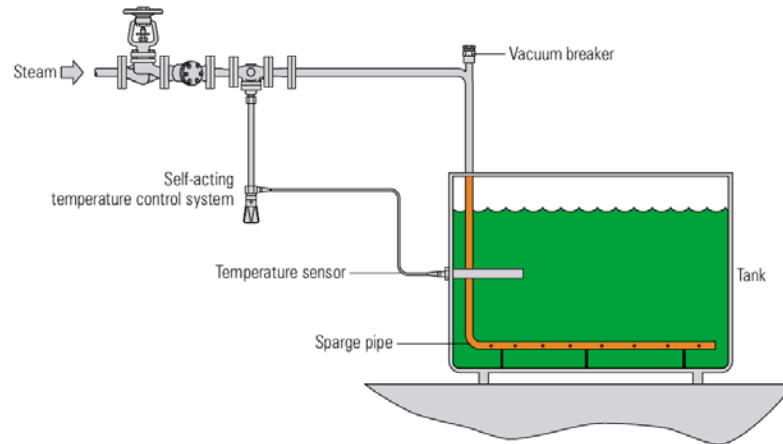
## Typy VT. Podľa počtu teplo-výmenných plôch.

- ❖ Zmiešavacie /bez teplo-výmennej plochy/
- ❖ Regeneračné /spoločná teplo-výmenná plocha/
- ❖ Rekuperačné / jedna teplo-výmenná plocha oddeľujúca médiá/



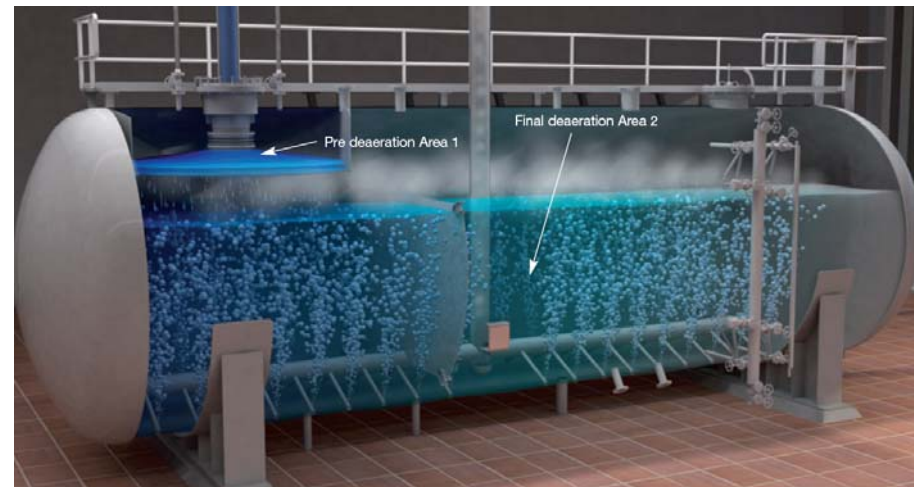
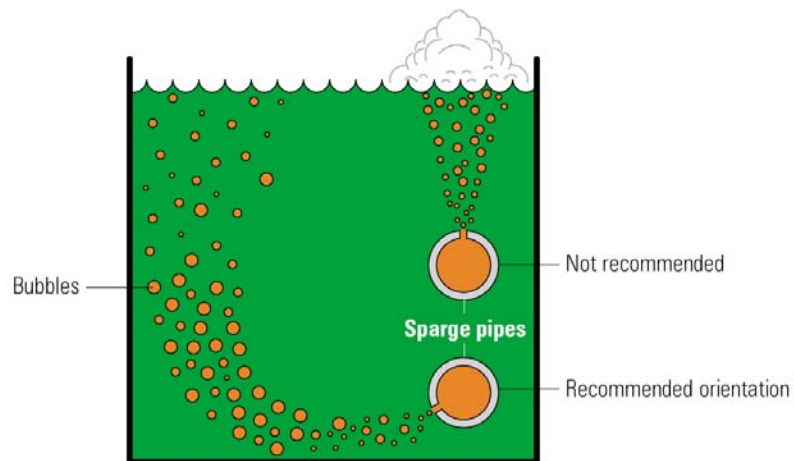
## Typy VT. Zmiešavacie

### ❖ Direct steam injection /Priamy ohrev parou/



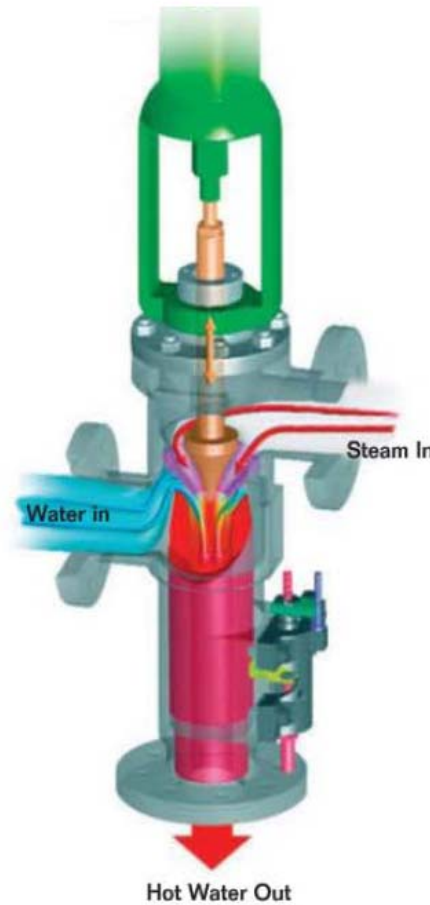
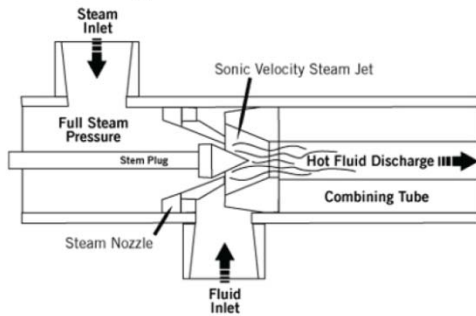
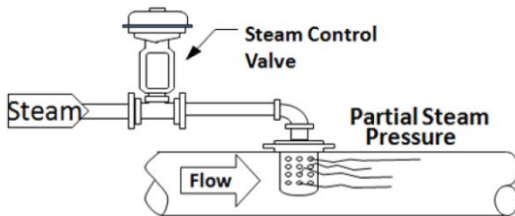
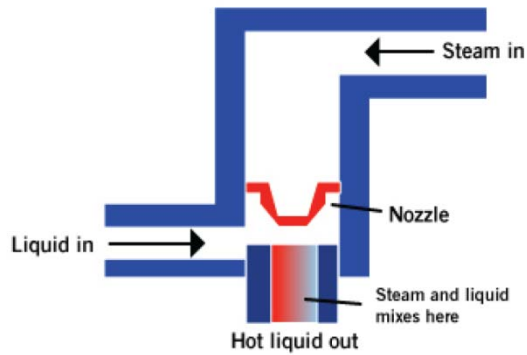
Poznámky:

- ❖ minimálna tlak. diferencia
- ❖ veľkosť bublín -> nízky tlak pary
- ❖ max. hydrostatický tlak



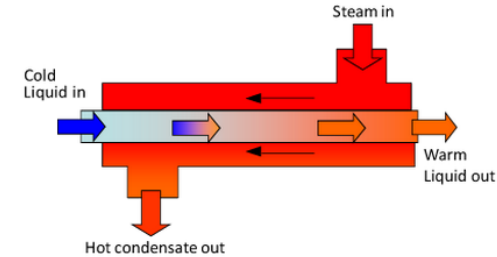
# Typy VT. Zmiešavacie

❖ Direct steam injection /Priamy ohrev parou/

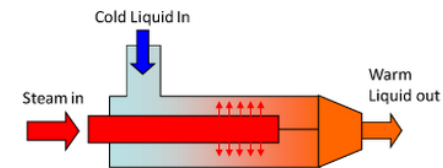


Poznámky:

- ❖ najefektívnejší spôsob ohrevu
- ❖ úspora energie (20-30%)
- ❖ zväčša jednoduché zariadenie
- ❖ malé nároky na priestor
- ❖ iba para
- ❖ senzibilné
- ❖ external/internal modulation



**IN-DIRECT HEATING**

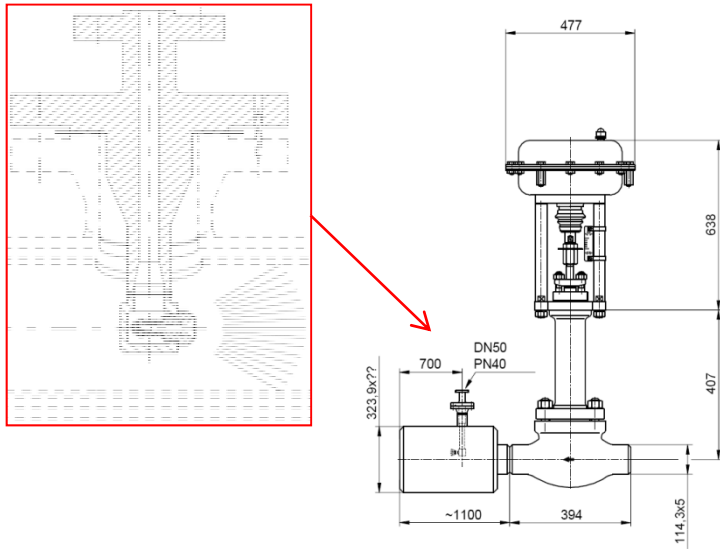


**DIRECT HEATING**



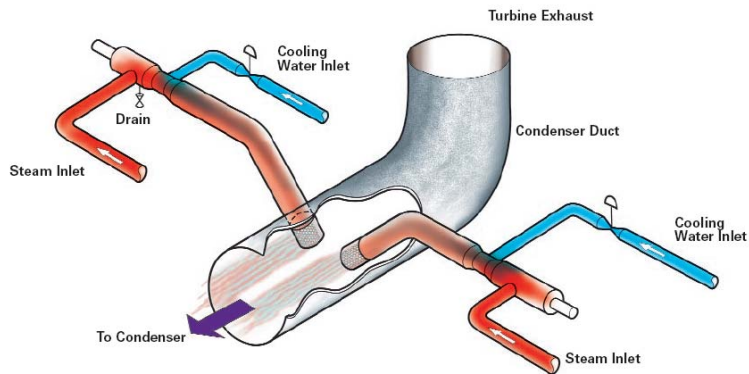
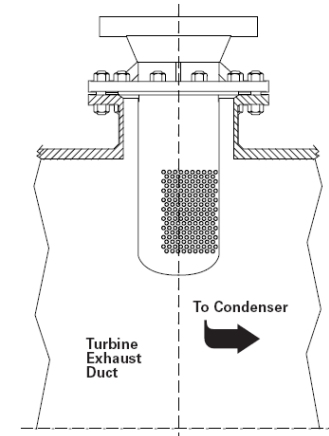
# Typy VT. Zmiešavacie

❖ Direct water injection /Priame chladenie vodou/



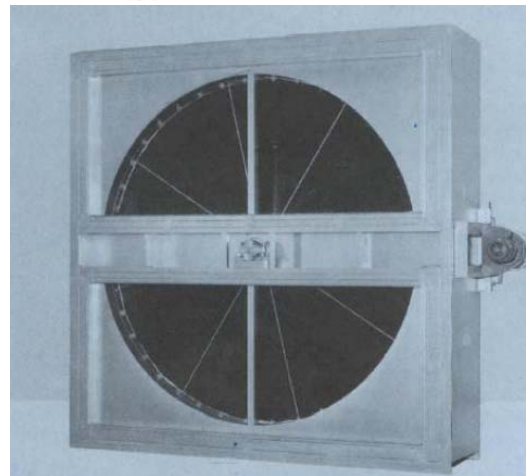
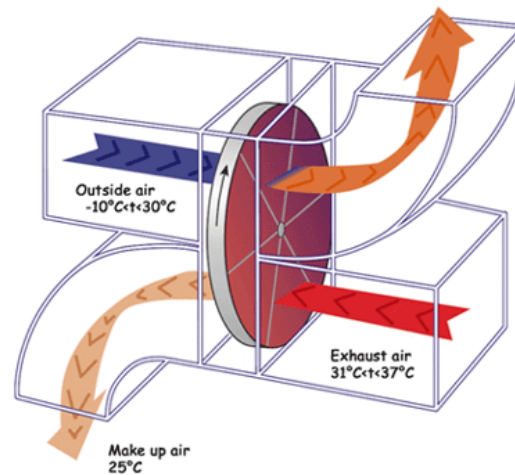
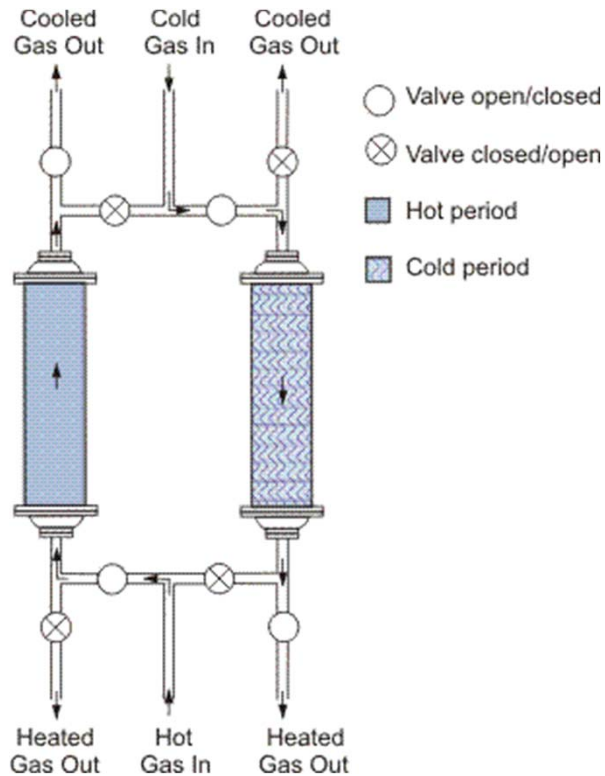
Poznámky:

- ❖ Turbine bypass system
- ❖ tkz. zástrekový ventil
- ❖ Chladenie vodou



## Typy VT. Regeneračné

### ❖ Regeneračné VT s pevnou/rotačnou teplo-výmennou plochou



Použitie:

- (g)-(g) pri ↑ ↑ Obj. toku až do 150 m<sup>3</sup>/s.
- 25m, 1600 ton.

Výhody:

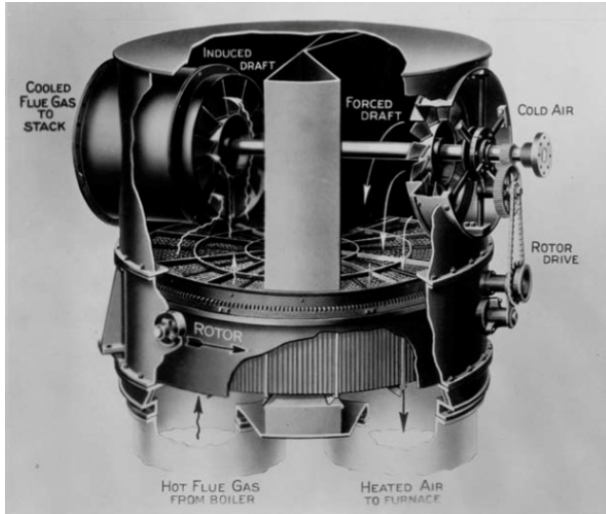
- vhodný aj pre nízke teploty,
- možno dosiahnuť malé teplotné rozdiely,
- pre veľké objemové toky.

Nevýhody:

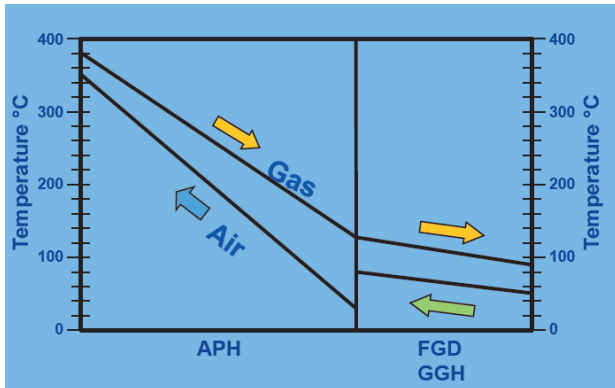
- straty pri zapojení,
- zmiešavanie plynov (zvyškov),
- ťažko čistiteľné.

# Typy VT. Regeneračné

❖ Regeneračné VT s pevnou/rotačnou teplo-výmennou plochou



Regenerative Heat Exchangers with *Rotating Heating Surfaces* (ROTHEMÜHLE-Rotor System, first described by Fredrik Ljungström)



Regenerative Heat Exchangers with *Stationary Heating Surfaces* (ROTHEMÜHLE-Stator System)



## Typy VT. Rekuperačné

- ❖ Double pipe HE /Hairpin/
- ❖ Shell and Tube HE
- ❖ Scraped-Surface HE
- ❖ Plate HE
- ❖ Shell Plate HE
- ❖ All-welded HE
- ❖ Block HE
- ❖ Spiral HE
- ❖ Air HE

DPHE  
 STHE  
 SSHE  
 PHE  
 SPHE  
 AWHE  
 BHE  
 SHE  
 AHE

Výmenník rúrka v rúrke  
 Rúrkový výmenník tepla  
 VT so stieraným povrchom  
 Doskový výmenník tepla  
 Doskový oplášťovaný VT  
 Celozváraný doskový VT  
 Blokový výmenník tepla  
 Špirálový výmenník tepla  
 Vzduchové výmenník tepla



$\beta=700 \text{ m}^2/\text{m}^3$   
 kompaktný VT

## Rekuperačné VT: Výmenník rúrka v rúrke

Široký rozsah teplôt a zvlášť vysoké tlaky.  
 $\beta = 0,6 - 5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ,

Použitie v systéme:

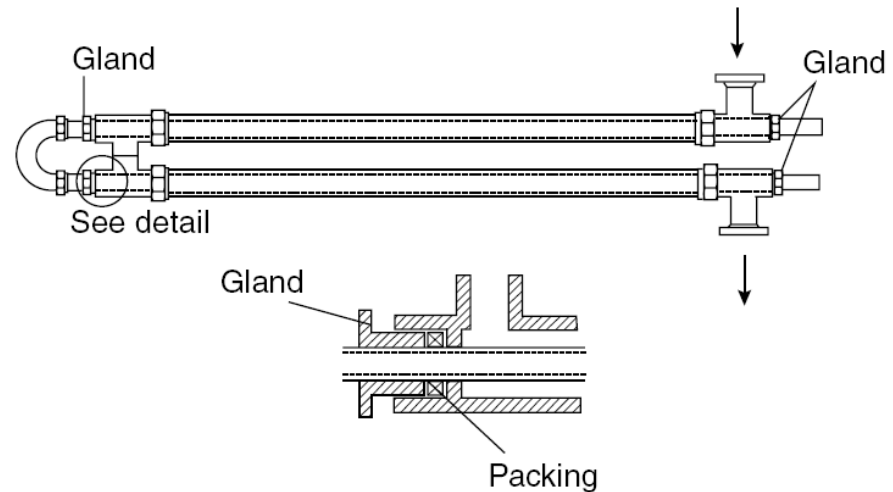
(g)-(g), (g)-(l), + kondenzácia

Výhody:

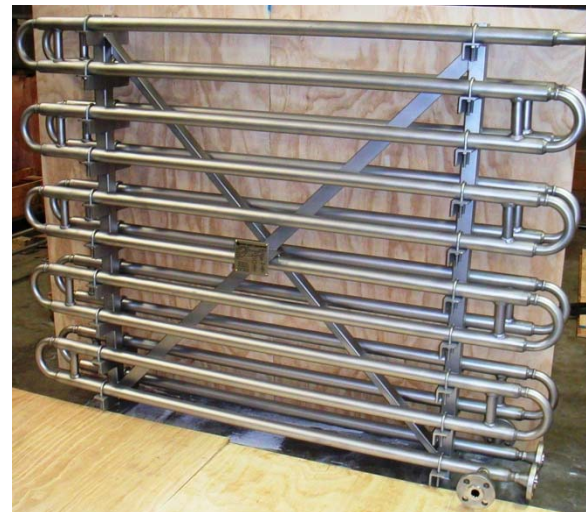
- je možné dosiahnuť čistý súprudny a protiprúdny tok,
- realizácia veľkej teplotnej diferencie medzi vnútornou a vonkajšou rúrkou,
- variabilita použitia materiálu,
- dobrá možnosť čistenia oboch plôch.

Nevýhody:

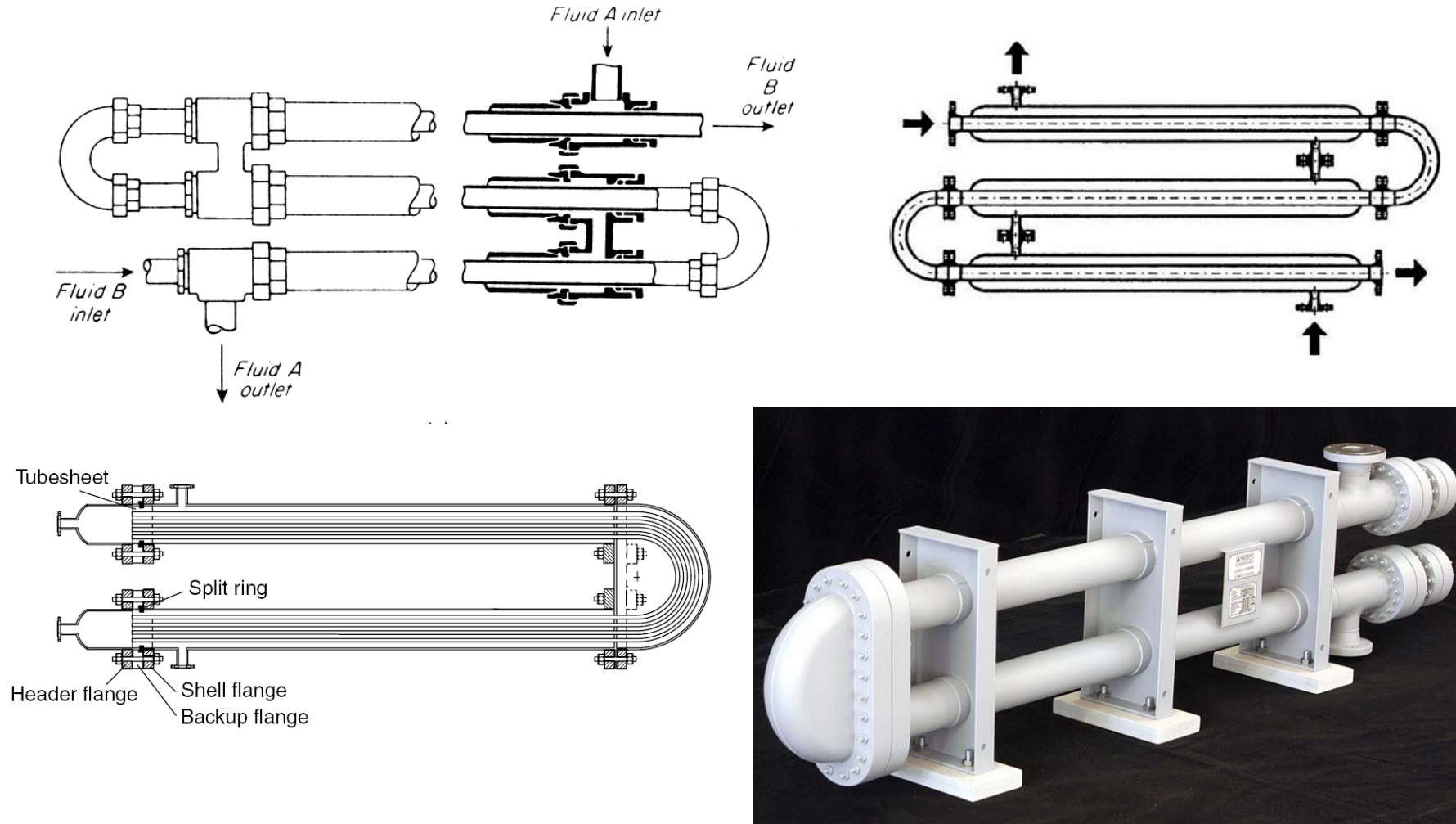
- vysoké požiadavky na materiál a zastavanú plochu.
- Nízka  $\beta$



(a) Single hairpin



# Rekuperačné VT: Výmenník rúrka v rúrke



## Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:  
 $p=4$  MPa ( max. 60 MPa – rúrka )  
 $T=500$  °C

- pri priemere rúrky  $d=20$  mm:  $\beta= 100$  m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>,
- pri priemere rúrky  $d=25$  mm:  $\beta= 75$  m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.



### Použitie:

(l)-(l), (g)-(l), (l)-(g), zriedkavo (g)-(g)

### Výhody:

- materiálové prevedenie /ocel', plast, sklo, grafit/,
- teória, skoro 100 ročná tradícia, prevádzkové skúsenosti,
- použitie v širokom rozsahu teplôt a tlakov,
- menej náročná výroba,
- možnosť mechanického čistenia.

### Nevýhody:

- relatívne  $\uparrow \uparrow$  tlakové straty /viacchodé VT/,
- rúrkové výmenníky majú väčšiu hmotnosť,
- vysoké požiadavky na materiál a zastavanú plochu.
- Nízka  $\beta$



# Rekupračné VT: Rúrkový výmenník tepla

TEMA

The Tubular Exchanger Manufacturers Association

-celosvetovo uznávaný a  
 zaužívaný spôsob návrhu  
 rúrkových výmenníkov  
 tepla

-komplexný spôsob  
 pevnostného výpočtu

-geometrická  
 charakterizácia

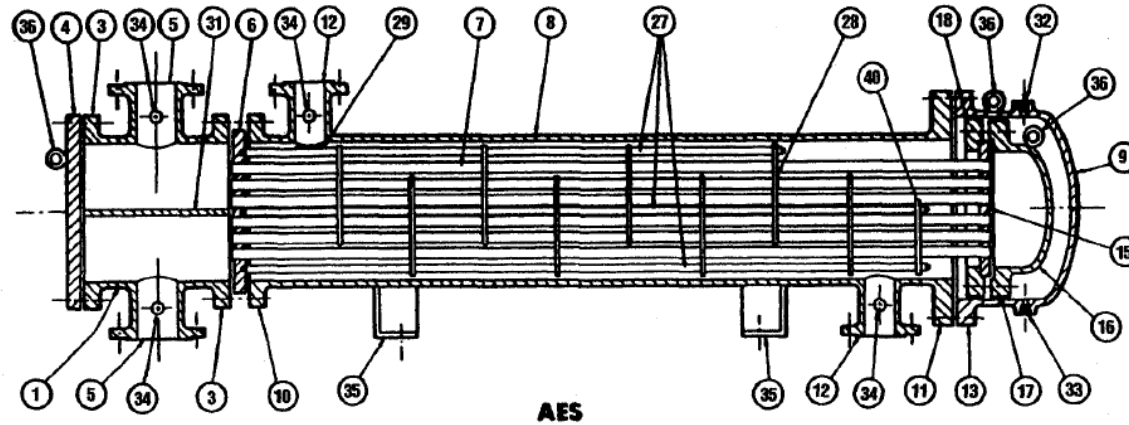
-TEMA sheet

-doporučené hodnoty  
 znečistenia

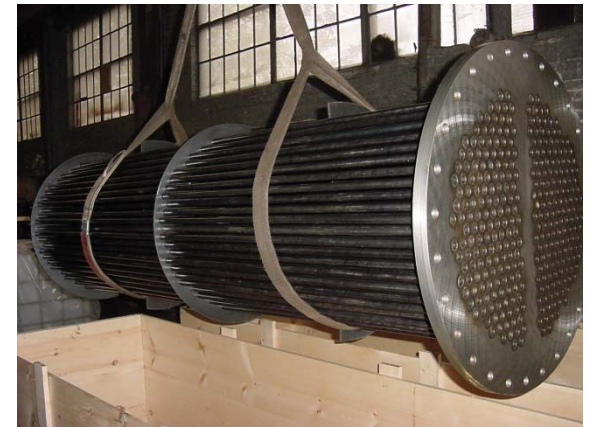


	FRONT END STATIONARY HEAD TYPES	SHELL TYPES	REAR END HEAD TYPES
A	 CHANNEL AND REMOVABLE COVER	E  ONE PASS SHELL	L  FIXED TUBESHEET LIKE "A" STATIONARY HEAD
B	 BONNET (INTEGRAL COVER)	F  TWO PASS SHELL WITH LONGITUDINAL BAFFLE	M  FIXED TUBESHEET LIKE "B" STATIONARY HEAD
C	 REMOVABLE TUBE BUNDLE ONLY CHANNEL INTEGRAL WITH TUBE-SHEET AND REMOVABLE COVER	G  SPLIT FLOW	N  FIXED TUBESHEET LIKE "N" STATIONARY HEAD
N	 CHANNEL INTEGRAL WITH TUBE-SHEET AND REMOVABLE COVER	H  DOUBLE SPLIT FLOW	P  OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD
D	 SPECIAL HIGH PRESSURE CLOSURE	J  DIVIDED FLOW	S  FLOATING HEAD WITH BACKING DEVICE
		K  KETTLE TYPE REBOILER	T  PULL THROUGH FLOATING HEAD
		X  CROSS FLOW	U  U-TUBE BUNDLE
			W  EXTERNALLY SEALED FLOATING TUBESHEET

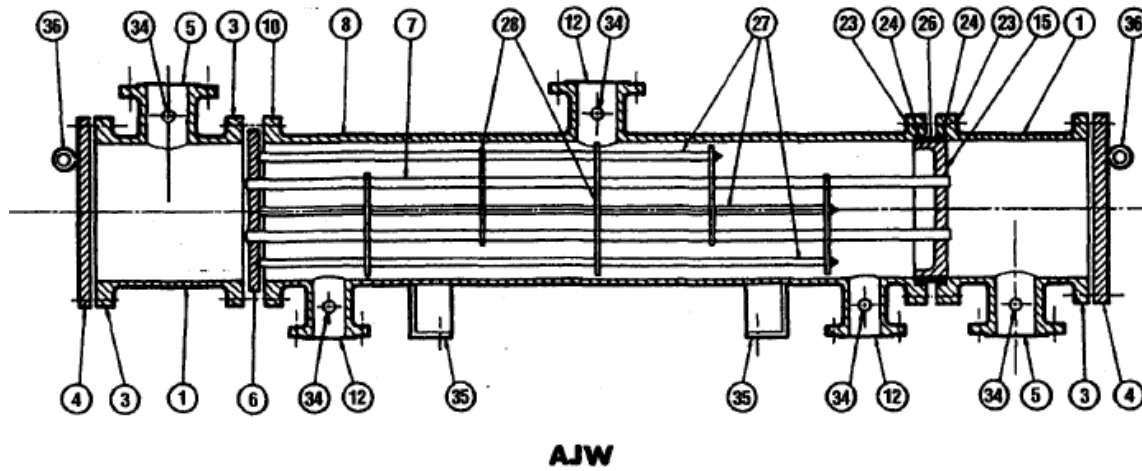
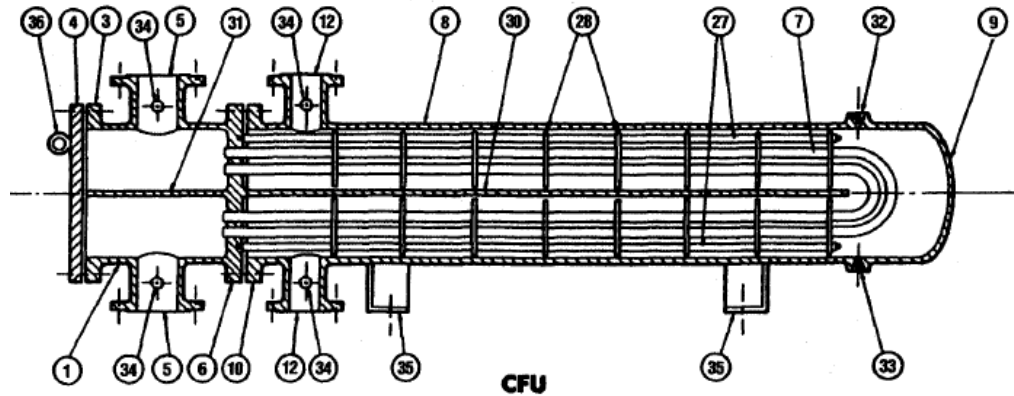
# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla



- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Stationary Head-Channel</li> <li>2. Stationary Head-Bonnet</li> <li>3. Stationary Head Flange-Channel or Bonnet</li> <li>4. Channel Cover</li> <li>5. Stationary Head Nozzle</li> <li>6. Stationary Tubesheet</li> <li>7. Tubes</li> <li>8. Shell</li> <li>9. Shell Cover</li> <li>10. Shell Flange-Stationary Head End</li> <li>11. Shell Flange-Rear Head End</li> <li>12. Shell Nozzle</li> <li>13. Shell Cover Flange</li> <li>14. Expansion Joint</li> <li>15. Floating Tubesheet</li> <li>16. Floating Head Cover</li> <li>17. Floating Head Cover Flange</li> <li>18. Floating Head Backing Device</li> <li>19. Split Shear Ring</li> <li>20. Slip-on Backing Flange</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>21. Floating Head Cover-External</li> <li>22. Floating Tubesheet Skirt</li> <li>23. Packing Box</li> <li>24. Packing</li> <li>25. Packing Gland</li> <li>26. Lantern Ring</li> <li>27. Tierods and Spacers</li> <li>28. Transverse Baffles or Support Plates</li> <li>29. Impingement Plate</li> <li>30. Longitudinal Baffle</li> <li>31. Pass Partition</li> <li>32. Vent Connection</li> <li>33. Drain Connection</li> <li>34. Instrument Connection</li> <li>35. Support Saddle</li> <li>36. Lifting Lug</li> <li>37. Support Bracket</li> <li>38. Weir</li> <li>39. Liquid Level Connection</li> <li>40. Floating Head Support</li> </ul> |
|--|--|



# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla





# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

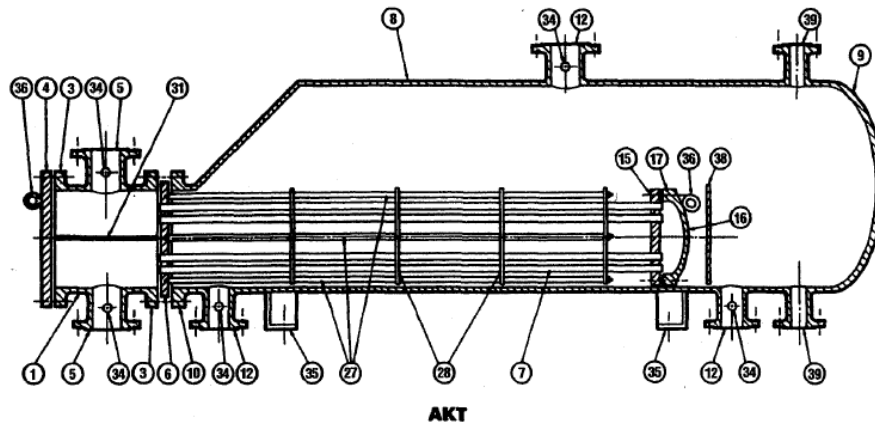
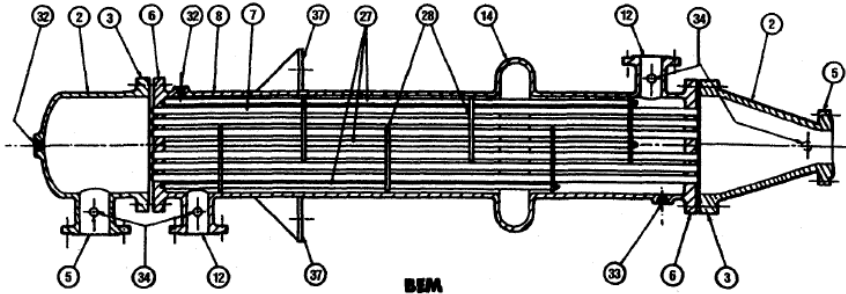


FIGURE G-5.2 HEAT EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

1	Job No.	
2	Customer Reference No.	
3	Address Proposal No.	
4	Plant Location Date Rev.	
5	Service of Unit Item No.	
6	Size Type (Hor/Vert)	Connected in Parallel Series
7	Surf/Unit (Gross/Eff.) sq ft; Shells/Unit	Surf/Shell (Gross/Eff.) sq ft
8	<b>PERFORMANCE OF ONE UNIT</b>	
9	Fluid Allocation	Shell Side Tube Side
10	Fluid Name	
11	Fluid Quantity Total lb/hr	
12	Vapor (In/Out)	
13	Liquid	
14	Steam	
15	Water	
16	Noncondensable	
17	Temperature °F	
18	Specific Gravity	
19	Viscosity, Liquid cP	
20	Molecular Weight, Vapor	
21	Molecular Weight, Noncondensable	
22	Specific Heat BTU / lb °F	
23	Thermal Conductivity BTU ft / hr sq ft °F	
24	Latent Heat BTU / lb @ °F	
25	Inlet Pressure psia	
26	Velocity ft / sec	
27	Pressure Drop, Allow. /Calc. psi	
28	Fouling Resistance (Min.) hr sq ft °F / BTU	
29	Heat Exchanged BTU / hr MTD (Corrected)	
30	Transfer Rate, Service Clean	BTU / hr sq ft °F
31	<b>CONSTRUCTION OF ONE SHELL</b>	
32		Shell Side Tube Side Sketch (Bundle/Nozzle Orientation)
33	Design / Test Pressure psig	
34	Design Temp. Max/Min °F	
35	No. Passes per Shell	
36	Corrosion Allowance in	
37	Connections In	
38	Size & Out	
39	Rating Intermediate	
40	Tube No. OD in;Thk (Min/Avg)	in;Length ft;Pitch in -45 30 60 90 45
41	Tube Type	Material
42	Shell ID OD in	Shell Cover (Integ.) (Remov.)
43	Channel or Bonnet	Channel Cover
44	Tubesheet-Stationary	Tubesheet-Floating
45	Floating Head Cover	Impingement Protection
46	Baffles-Cross Type	%Cut (Diam/Area) Spacing: c/c Inlet in
47	Baffles-Long	Seal Type
48	Supports-Tube U-Bend	Type
49	Bypass Seal Arrangement	Tube-to-Tubesheet Joint
50	Expansion Joint	Type
51	pV'-Inlet Nozzle	Bundle Entrance Bundle Exit
52	Gaskets-Shell Side	Tube Side
53	Floating Head	
54	Code Requirements	TEMA Class
55	Weight / Shell Filled with Water	Bundle lb
56	Remarks	
57		
58		
59		
60		
61		

# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

**FIGURE G-5.2 HEAT EXCHANGER SPECIFICATION SHEET**

1	Customer	Job No.				
2	Address	Reference No.				
3	Plant Location	Proposal No.				
4	Service of Unit	Date	Rev.			
5	Size	Type	(Hor/Vert)	Connected in	Parallel	Series
6	Surf/Unit (Gross/Eff.)	sq ft, Shells/Unit	Surf/Shell (Gross/Eff.)	sq ft		

**PERFORMANCE OF ONE UNIT**

8	Fluid Allocation	Shell Side	Tube Side
10	Fluid Name		
11	Fluid Quantity Total		
12	Vapor (In/Out)		
13	Liquid		
14	Steam		
15	Water		
16	Noncondensable		
17	Temperature	°F	
18	Specific Gravity		
19	Viscosity, Liquid	cP	
20	Molecular Weight, Vapor		
21	Molecular Weight, Noncondensable		
22	Specific Heat	BTU / lb °F	
23	Thermal Conductivity	BTU / hr sq ft °F	
24	Latent Heat	BTU / lb °F	
25	Gross Pressure	psia	
26	Velocity	ft / sec	
27	Pressure Drop, Allow. (Calc.)	psi	
28	Fouling Resistance (Min.)	hr sq ft °F / BTU	
29	Heat Exchanger	BTU / hr sq ft °F	
30	Transfer Fluid, Service	Clean	

**CONSTRUCTION OF ONE SHELL**

31	Design / Test Pressure	psi	Shell Side	Tube Side	Sketch (Bundle/Nozzle Orientation)			
32	Design Temp., Min/Max	°F						
33	Max. Pressure per Shell	psi						
34	Corrosion Allowance	in						
35	Connections to							
36	Size & Out							
37	Rating	Intermediate						
38	Tube No.	OD	in, The (Min/Avg)	in Length	SPitch	in	-0.38 -0.60	0.90 -0.48
39	Tube Type				Material			
40	Shell	ID	OD	in	Shell Cover	(Integ.)	(Hemc.)	
41	Channel or Bonnet				Channel Cover			
42	Tubehead Stationary				Tubehead Floating			
43	Flowing Head Cover				Engagement Provision			
44	Beefies-Cross	Type	%Out (Cham/Anch)	Spacing, etc	Islet	in		
45	Beefies-Long				Shell Type			
46	Supports-Like	U-Band			Tube-to-Tubehead Joint			
47	Supports-Sand Arrangement				Type			
48	Supports-Joint				Bundle Entrance			
49	Supports-Shell Side				Tube Side			
50	Supports-Head				Bundle Exit			
51	Code Requirements				TEMA Class			
52	Weight / Shell				Bundle			
53	Remarks				Filled with Water			

**FIGURE G-5.2 HEAT EXCHANGER SPECIFICATION SHEET**

1	Customer	Job No.				
2	Address	Reference No.				
3	Plant Location	Proposal No.				
4	Service of Unit	Date	Rev.			
5	Size	Type	(Hor/Vert)	Connected in	Parallel	Series
6	Surf/Unit (Gross/Eff.)	sq ft, Shells/Unit	Surf/Shell (Gross/Eff.)	sq ft		

**PERFORMANCE OF ONE UNIT**

TEMA Sheet

-3 Bloky informácií

-Identifikácia výmenníka tepla.

-Parallel / Series

-Základné rozmerové parametre

-Celková teplovýmenná plocha

# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

FIGURE G-5.2 HEAT EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

1 Customer	Job No.
2 Address	Reference No.
3 Client Location	Date
4 Service of Unit	Rev.
5 Size	Item No.
6 Size Type	Connected to
7 Shell/End (Cross/ER)	Parallel Series
8 Shell/End (Cross/ER)	sq ft
PERFORMANCE OF ONE UNIT	
9 Fluid Allocation	Shell Side Tube Side
10 Fluid Name	
11 Fluid Quantity Total	
12 Vapor (In/Out)	
13 Liquid	
14 Steam	
15 Water	
16 Noncondensable	
17 Temperature	
18 Specific Gravity	
19 Viscosity, Liquid	
20 Molecular Weight, Vapor	
21 Molecular Weight, Noncondensable	
22 Specific Heat	BTU / lb °F
23 Thermal Conductivity	BTU ft / hr sq ft °F
24 Latent Heat	BTU / lb @ °F
25 Inlet Pressure	psia
26 Velocity	ft / sec
27 Pressure Drop, Allow. /Calc.	psi
28 Fouling Resistance (Min.)	hr sq ft °F / BTU
29 Heat Exchanger	BTU / hr MTD (Corrected)
30 Transfer Rate, Service	Clean BTU / hr sq ft °F
CONSTRUCTION OF ONE SHELL	
31 Shell No.	Shell Side Tube Side
32 Design / Test Pressure	psi
33 Design Temp. Min/Max	°F
34 Max. Pressure per Shell	
35 Corrosion Allowance	in
36 Connections to	
37 Shell A	Out
38 Flaring Intermediate	
39 Tube No.	in, The (Min/Max) in Length
40 Tube Type	Material
41 Shell	Shell Cover (Integ.) (Hem.)
42 Channel or Bonnet	Channel Cover
43 Tubehand Stationary	Tubehand Flanging
44 Flanging Head Cover	Engagement Provision
45 Baffles-Cross	Type
46 Baffles-Long	Seal Type
47 Support Line	U-Band
48 Support Band Arrangement	Tube-to-Tubehand Joint
49 Expansion Joint	Type
50 Inlet Nozzle	Bundle Entrance
51 Inlet Nozzle	Tube Side Bundle Exit
52 Cleanable Shell Side	Tube Side
53 Fouling Limit	
54 Code Requirements	TEMA Class
55 Weight / Shell	Bundle
56 Remarks	Filled with Water
57	
58	
59	
60	
61	

PERFORMANCE OF ONE UNIT		
8		
9 Fluid Allocation	Shell Side	Tube Side
10 Fluid Name		
11 Fluid Quantity Total	lb/hr	
12 Vapor (In/Out)		
13 Liquid		
14 Steam		
15 Water		
16 Noncondensable		
17 Temperature	°F	
18 Specific Gravity		
19 Viscosity, Liquid	cP	
20 Molecular Weight, Vapor		
21 Molecular Weight, Noncondensable		
22 Specific Heat	BTU / lb °F	
23 Thermal Conductivity	BTU ft / hr sq ft °F	
24 Latent Heat	BTU / lb @ °F	
25 Inlet Pressure	psia	
26 Velocity	ft / sec	
27 Pressure Drop, Allow. /Calc.	psi	
28 Fouling Resistance (Min.)	hr sq ft °F / BTU	
29 Heat Exchanged	BTU / hr MTD (Corrected)	°F
30 Transfer Rate, Service	Clean	BTU / hr sq ft °F

TEMA Sheet

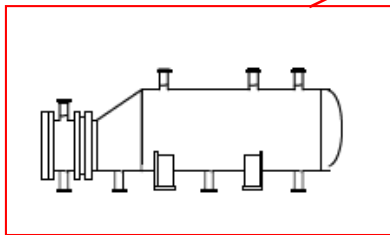
- Procesné parametre VT
- Celkový výkon ( Dirty / Clean) v závislosti od zvoleného Fouling Resistance.

# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

FIGURE Q-5.2 HEAT EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

1 Customer	Job No.
2 Address	Reference No.
3 Client Location	Project No.
4 Date	Rev.
5 Service of Unit	Item No.
6 Size	Connected to
7 Surf. Unit (Cross/ER)	Parallel
8	Series
9	sq ft
10	sq ft
11	sq ft
12	sq ft
13	sq ft
14	sq ft
15	sq ft
16	sq ft
17	sq ft
18	sq ft
19	sq ft
20	sq ft
21	sq ft
22	sq ft
23	sq ft
24	sq ft
25	sq ft
26	sq ft
27	sq ft
28	sq ft
29	sq ft
30	sq ft
31	sq ft
32	sq ft
33	sq ft
34	sq ft
35	sq ft
36	sq ft
37	sq ft
38	sq ft
39	sq ft
40	sq ft
41	sq ft
42	sq ft
43	sq ft
44	sq ft
45	sq ft
46	sq ft
47	sq ft
48	sq ft
49	sq ft
50	sq ft
51	sq ft
52	sq ft
53	sq ft
54	sq ft
55	sq ft
56	sq ft

CONSTRUCTION OF ONE SHELL				Sketch (Bundle/Nozzle Orientation)	
		Shell Side	Tube Side		
33	Design / Test Pressure	psig	/	/	
34	Design Temp. Max/Min	°F	/	/	
35	No. Passes per Shell				
36	Corrosion Allowance	in			
37	Connections	In			
38	Size & Rating	Out			
39		Intermediate			
40	Tube No.	OD	in; Thk (Min/Avg)	in; Length	ft; Pitch
41	Tube Type				
42	Shell	ID	OD	in	Material
43	Channel or Bonnet				Shell Cover (Integ.) (Remov.)
44	Tubesheet-Stationary				Channel Cover
45	Floating Head Cover				Tubesheet-Floating
46	Baffles-Cross	Type			Impingement Protection
47	Baffles-Long	%Cut (Diam/Area)	Spacing: c/c	Inlet	in
48	Supports-Tube	U-Bend			Seal Type
49	Bypass Seal Arrangement				Type
50	Expansion Joint				Tube-to-Tubesheet Joint
51	p v -Inlet Nozzle				Type
52	Gaskets-Shell Side				Bundle Entrance
53	Floating Head				Bundle Exit
54	Code Requirements				TEMA Class
55	Weight / Shell				Filled with Water
56	Remarks				Bundle



TEMA Sheet

-Konštrukčné parametre VT

# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

Type of Design	U-Tube (Type U)	Fixed Tubesheet (Types L, M, and N)	Pull-Through Floating Head (Type T)	Floating-Head Outside-Packed Lantern Ring (Type W)	Split-Backing-Ring Floating-Head (Type S)	Floating-Head Outside-Packed Stuffing Box (Type P)
Relative cost increases from A (least expensive) through E (most expensive)	A	B	C	C	D	E
Provision for differential expansion	Individual tubes free to expand	Expansion joint in shell	Floating head	Floating head	Floating head	Floating head
Removable bundle	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Individual tubes replaceable	Only those in outside rows	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tube interiors cleanable	Difficult to do mechanically; can do chemically	Yes, mechanically or chemically	Yes, mechanically or chemically	Yes, mechanically or chemically	Yes, mechanically or chemically	Yes, mechanically or chemically
Tube exteriors with triangular pitch cleanable	Chemically only	Chemically only	Chemically only	Chemically only	Chemically only	Chemically only
Tubes exterior with square pitch cleanable	Yes, mechanically or chemically	Chemically only	Yes, mechanically or chemically	Yes, mechanically or chemically	Yes, mechanically or chemically	Yes, mechanically or chemically
Number of tube passes	Any practical even number possible	No practical limitations	No practical limitations (single-pass floating-head requires packing joint)	Limited to single- or double-pass	No practical limitations (single-pass floating-head requires packing joint)	No practical limitations
Internal gaskets eliminated	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes

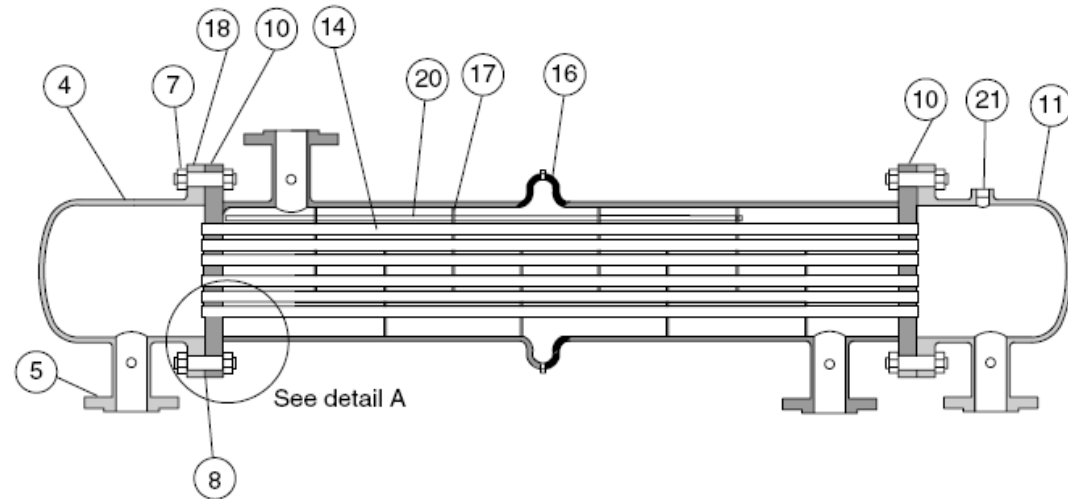




# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

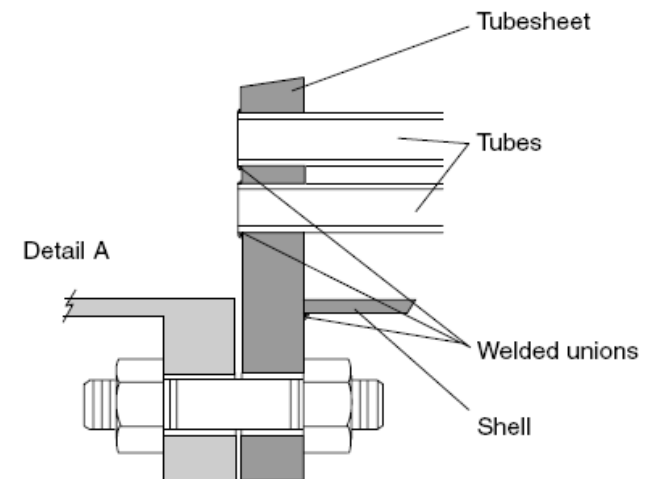
Rúrkový výmenník bez  
fázovej premeny

Typická konštrukcia  
BEM



Fixed tubesheet heat exchanger

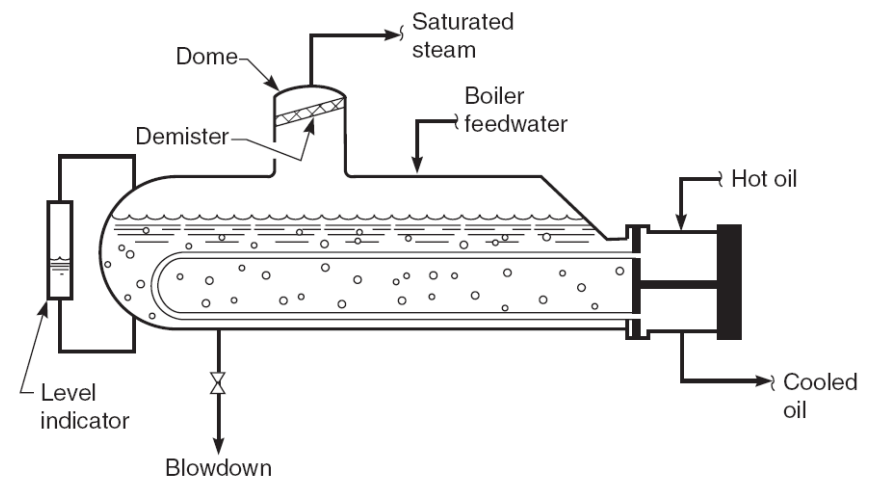
TEMA TYPE BEM  
For parts nomenclature see Table 6-1



# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

Rúrkový výmenník s fázovej premeny

Typická konštrukcia  
AKT

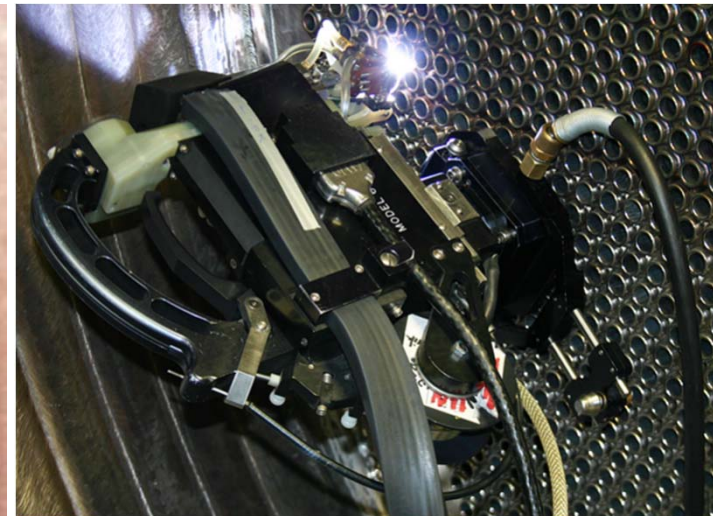
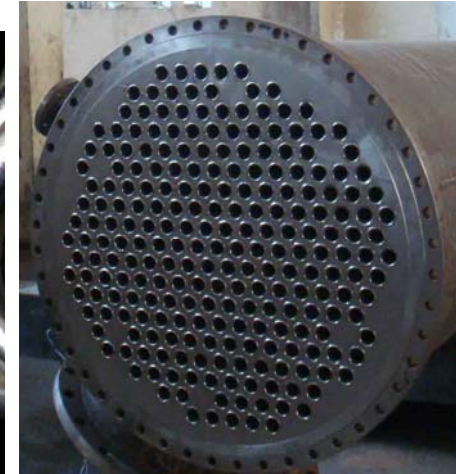




## Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

Rúrkovnica / Tubesheet /

- vo všeobecnosti najdrahšia časť VT,
- rúrky zvárané prípadne lisované.





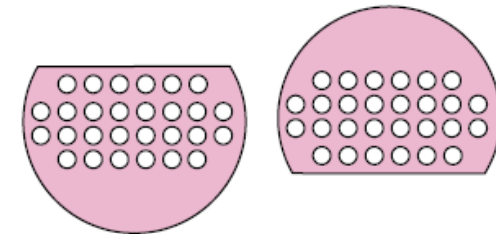
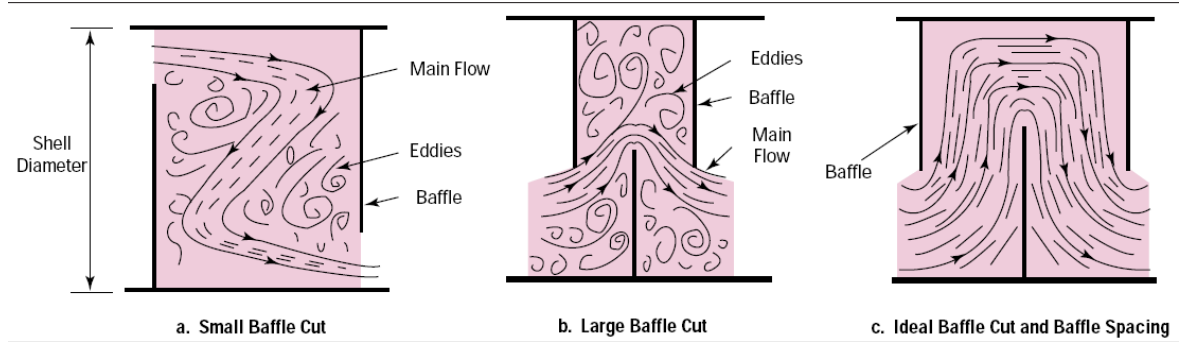
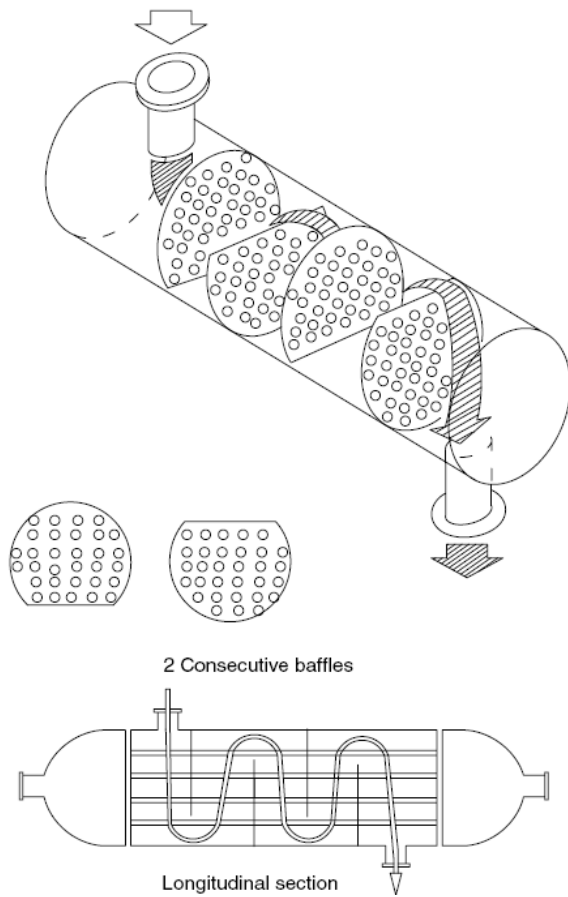
# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

Rúrkový zväzok / Tube bundle /



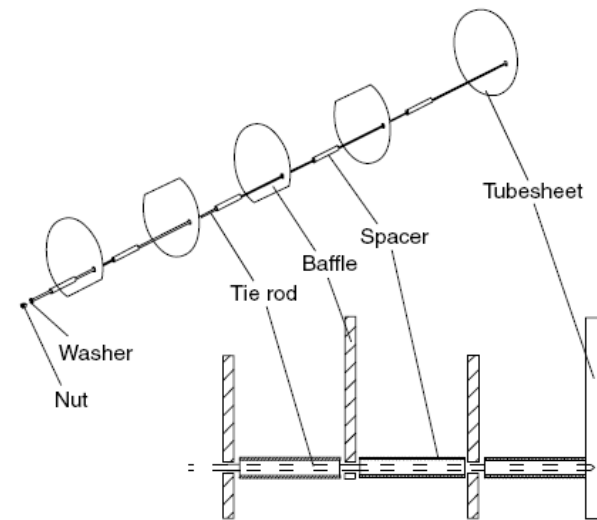
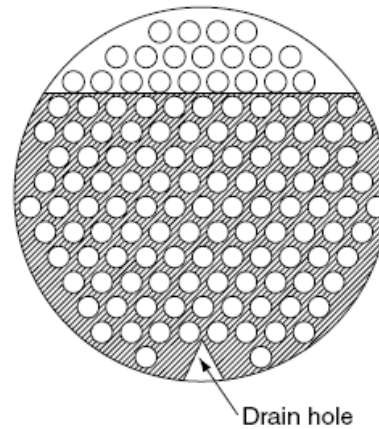
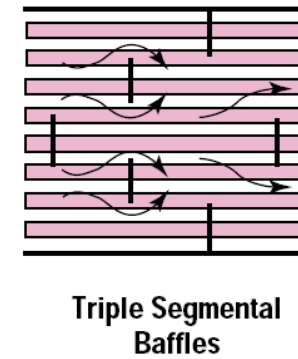
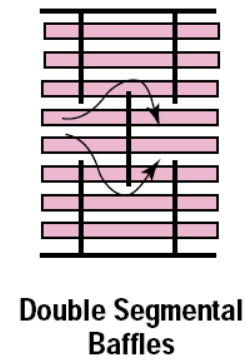
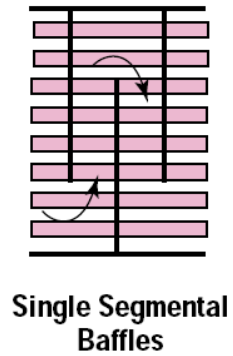
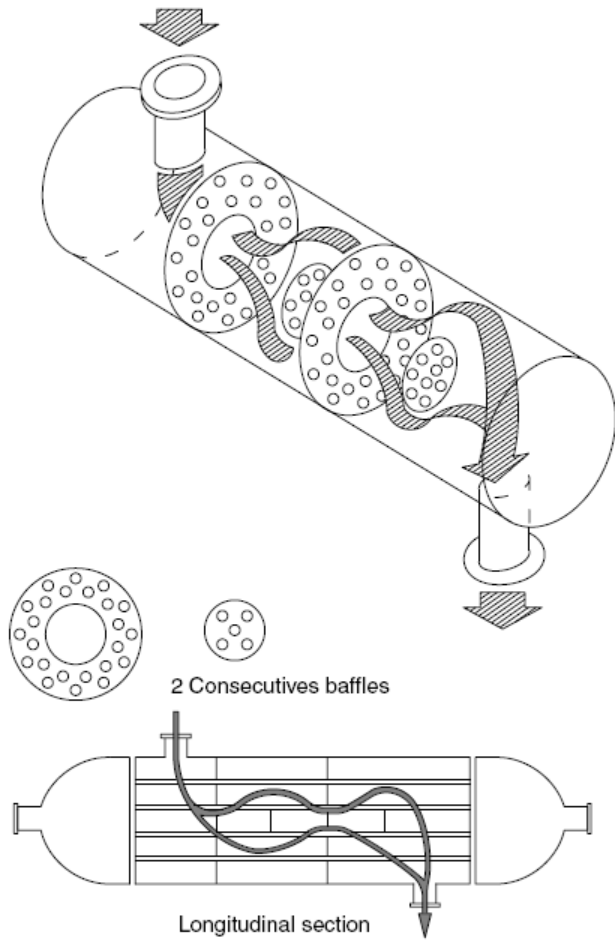
# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

## Prepážky / Baffles /



# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

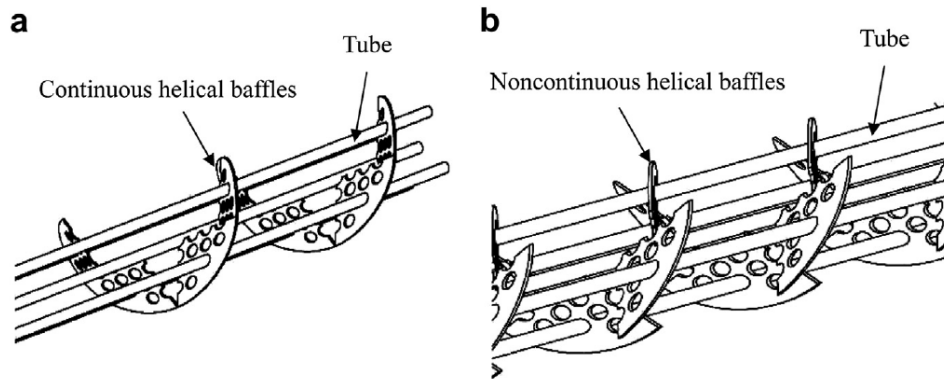
Prepážky / Baffles /





# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

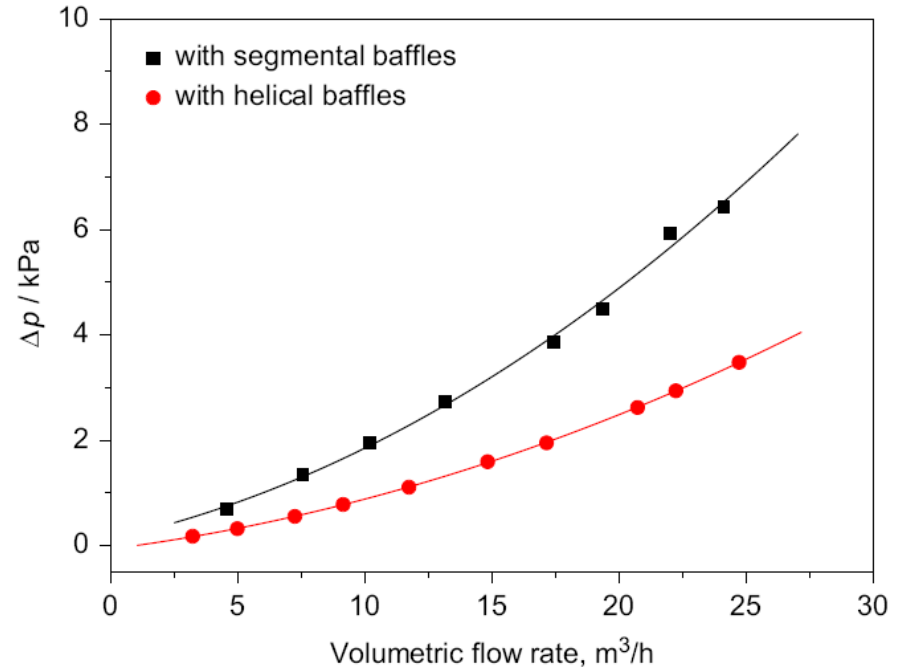
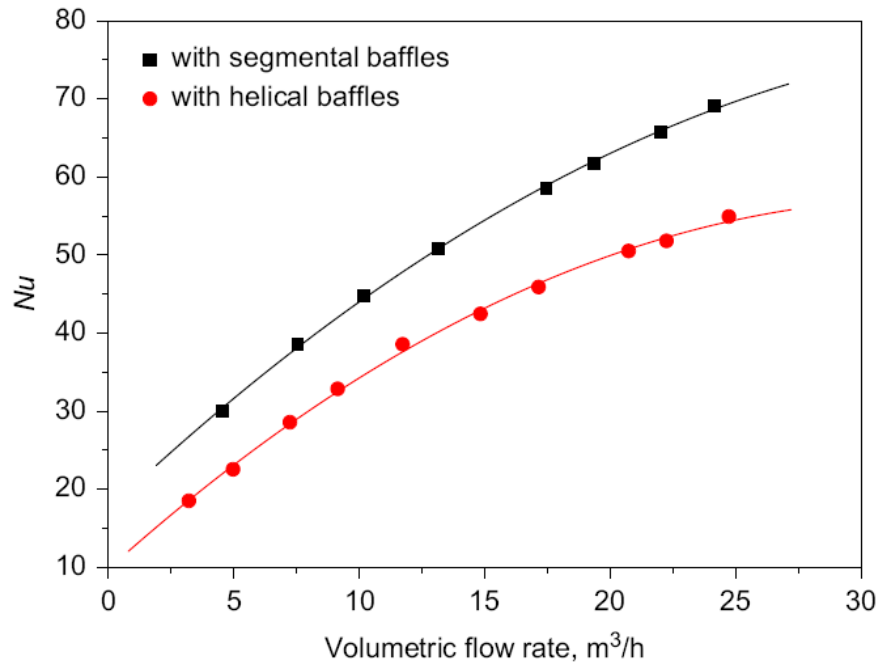
Prepážky / Baffles /





# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

Prepážky / Baffles /



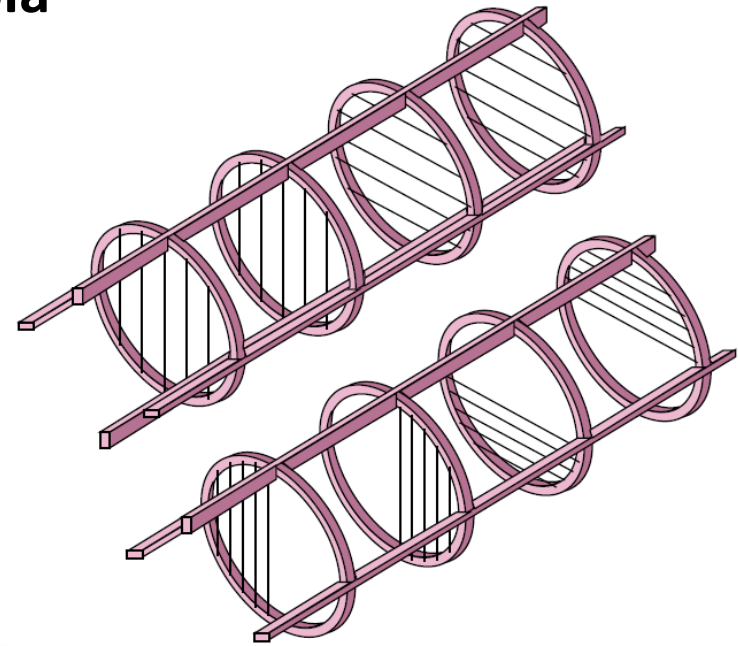
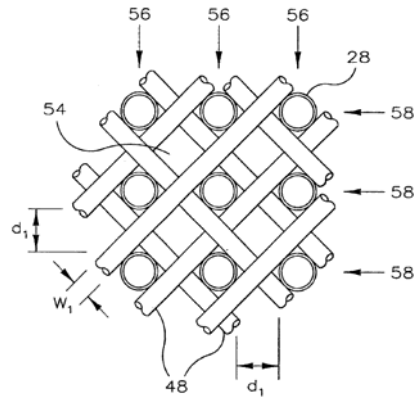
# Rekuperáčné VT: Rúrkový výmenník tepla

Prepážky / Baffles /

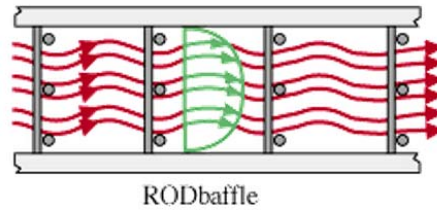
1975  
 Phillips Petroleum  
 Company

50% ↓↓ tlaková strata

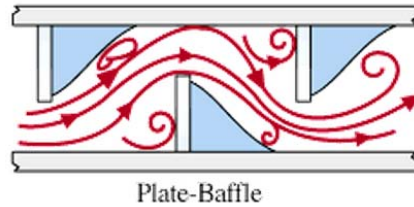
↓↓ - vibračné poškodenie  
 4 bodový kontakt



Uniform Flow Pattern



Flow Reversal Pattern

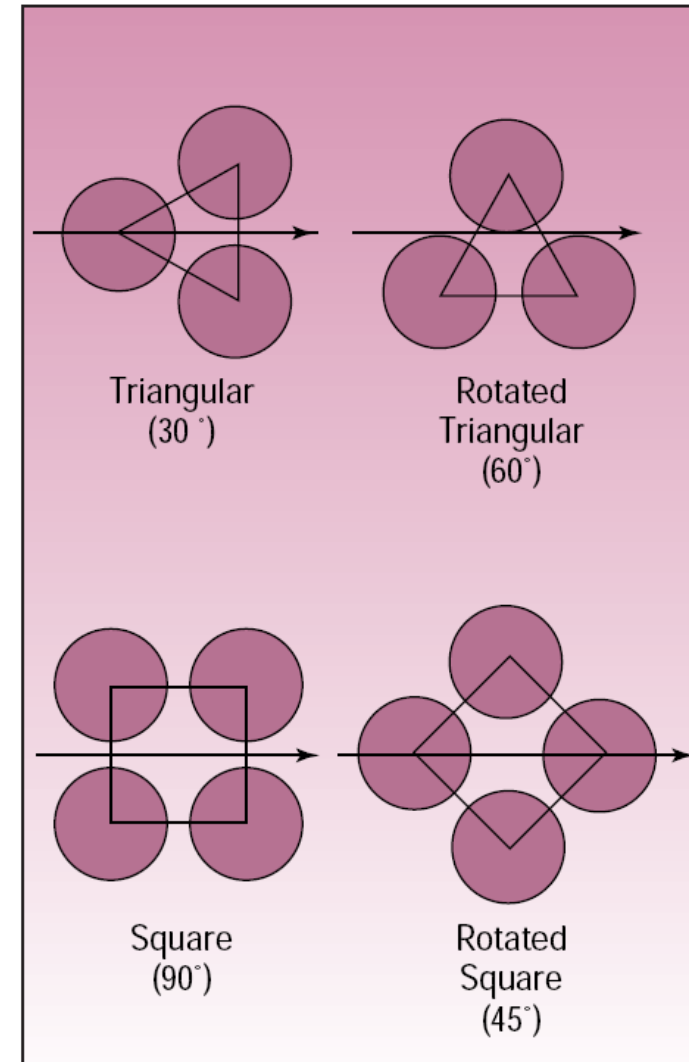
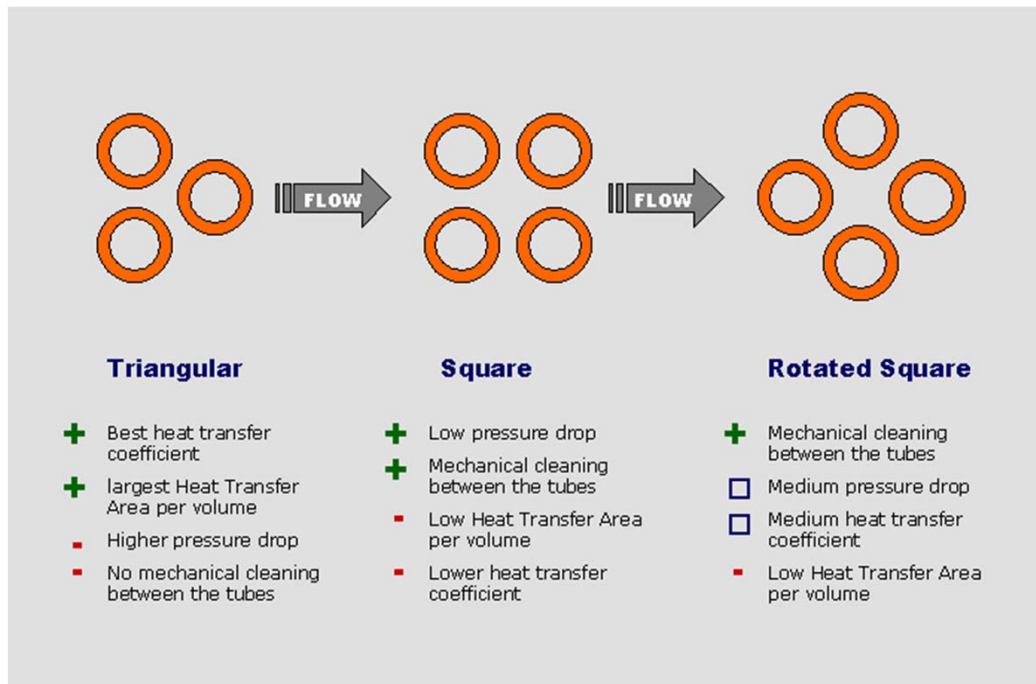


# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

Usporiadanie rúrok / Tube pattern /

Posudzujeme:

- Čistiteľnosť
- Paramater  $\beta$
- Tlaková strata
- Súčiniteľ prestupu tepla



# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

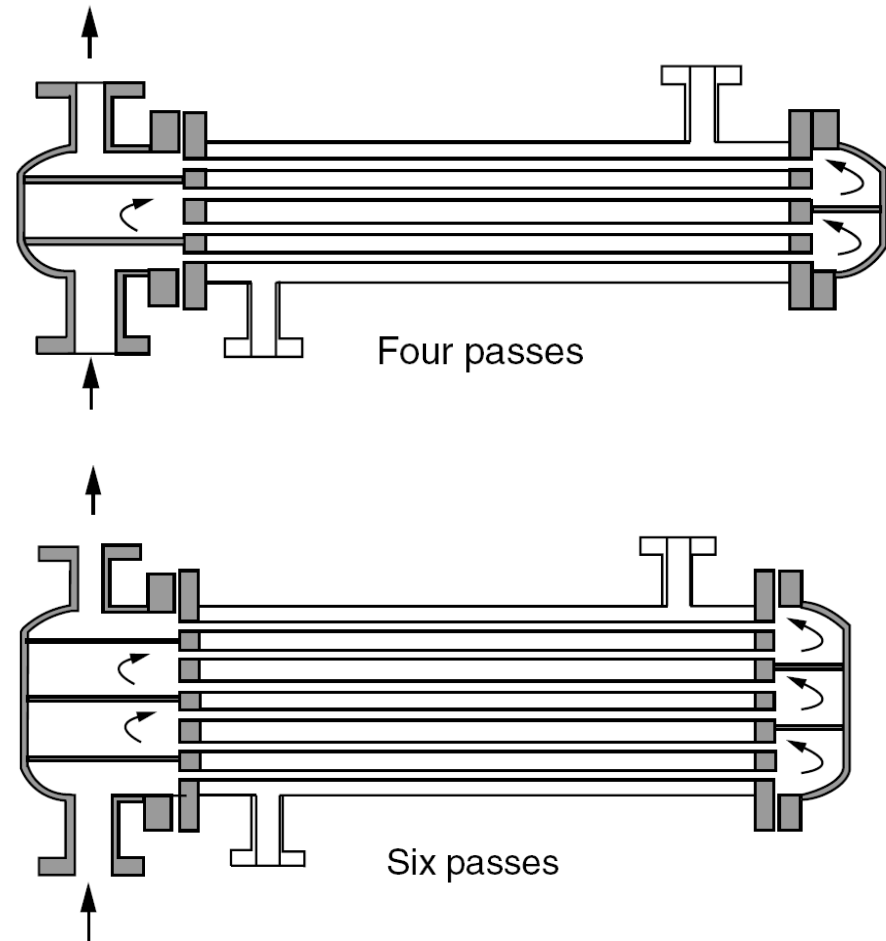
Počet chodov / Number of Passes /

Počet VT  
zapojených:

Sériovo  
Paralelne

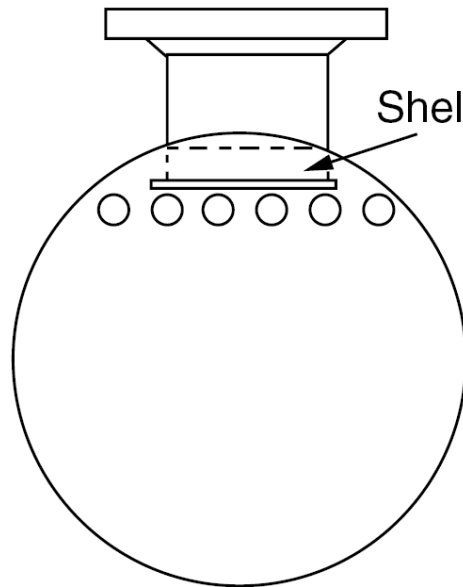
Tesnenie  
oddeľovacích  
prepážok

Výpočet  
korekčného  
faktora F

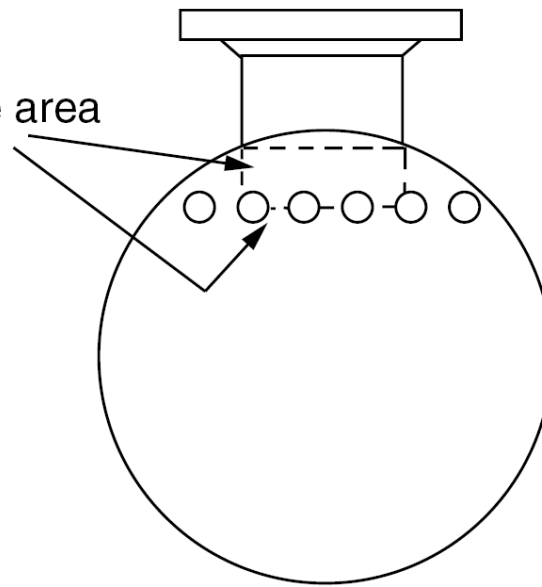


# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

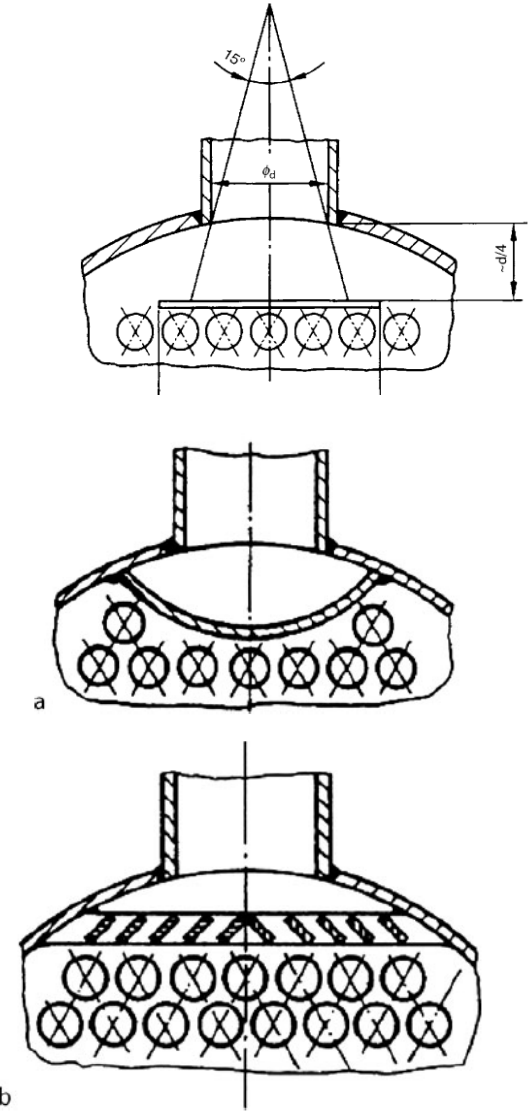
Vstupné hrdlo / Enter Nozzle /



With impingement protection



Without impingement protection



TEMA:  
 $\rho \cdot v^2 - 740 \text{ kg/m.s}^2$  pre médiu s prítomnosťou častíc  
 $\rho \cdot v^2 - 2232 \text{ kg/m.s}^2$  pre médiu bez častíc

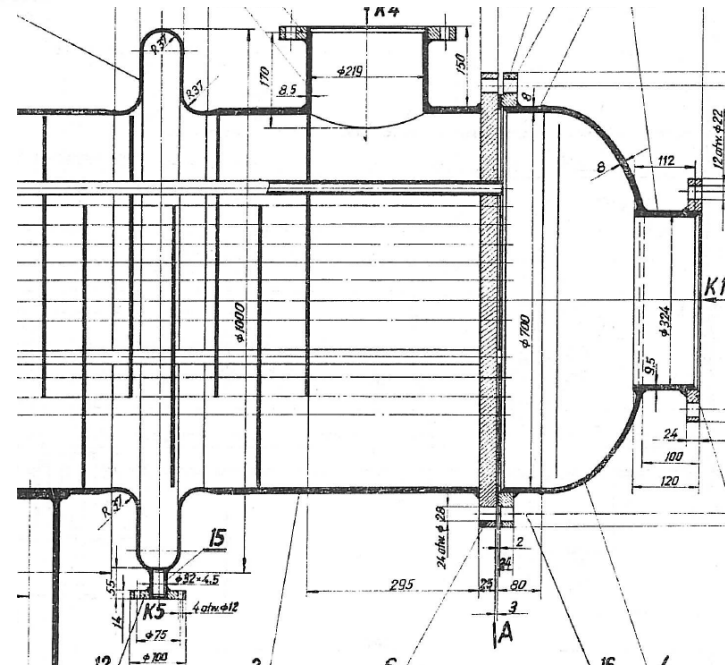


# Rekuperáčné VT: Rúrkový výmenník tepla

Kompenzátor / Expansion joint /

Kompenzuje rozdielnu tepelnú dilatáciu plášť/rúrky

↑↑ rúrka, ↓↓ Plášť ~23 °C  
↓↓ rúrka, ↑↑ Plášť ~83°C



## Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

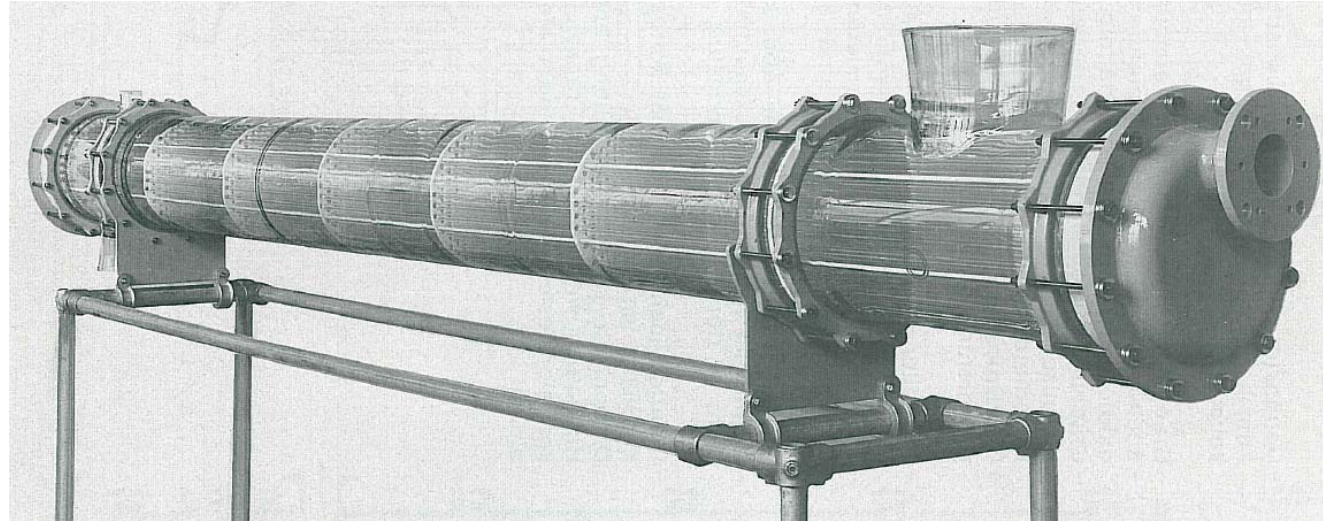
Materiálové prevedenie

Kovové materiály

-železné

-neželezné

Nekovové



# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

Znečistenie / Fouling, Fouling resistance /

- Vhodný výmenník tepla
- Dôraz na dodržanie správnych prevádzkových parametrov
- Fouling factor
- Výber vhodného čistenia/  
chemické, mechanické /



**Fouling Resistances For Oil Refinery Streams**

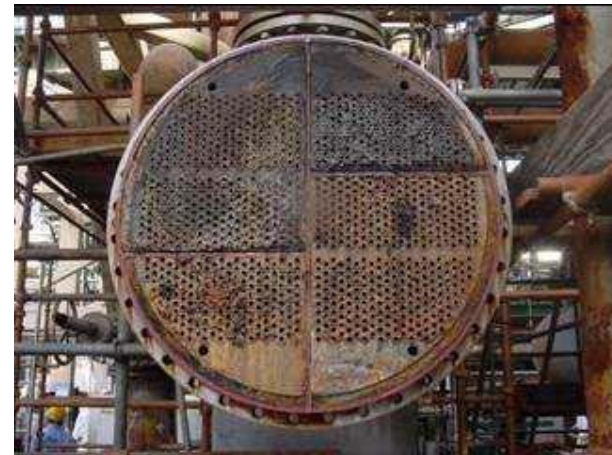
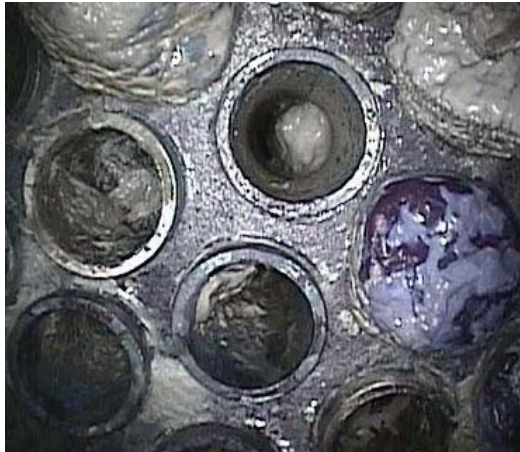
Crude And Vacuum Unit Gases And Vapors:	
Atmospheric Tower Overhead Vapors	0.001
Light Naphthas	0.001
Vacuum Overhead Vapors	0.002
Crude And Vacuum Liquids:	
Crude Oil	





# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

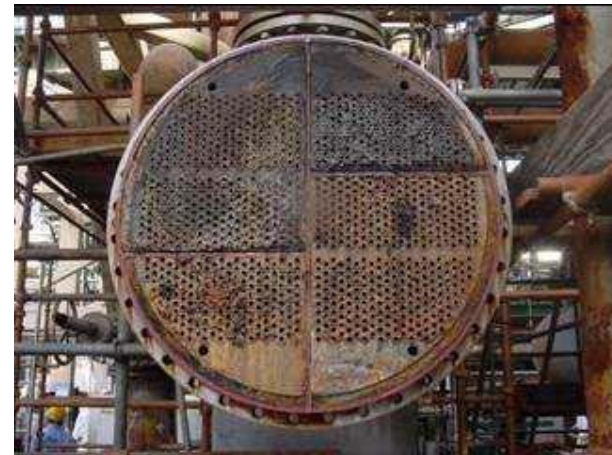
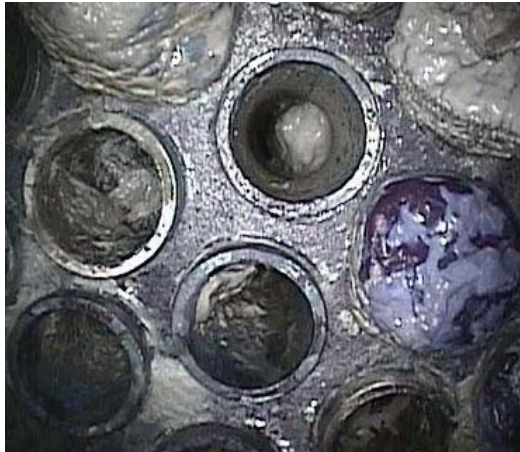
Znečistenie / Fouling, Fouling factor /





# Rekuperačné VT: Rúrkový výmenník tepla

Znečistenie / Fouling, Fouling factor /





## Rekuperačné VT: Výmenník tepla so stieraným povrchom

Výmenník tepla so stieraným povrchom – dobré riešenie pre teplo citlivé látky ( pomalý ohrev ) ale aj pre látky lepkavé, husté, s prítomnosťou častíc častice, kryštalizujúce  $\beta = 0,6 - 5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ,

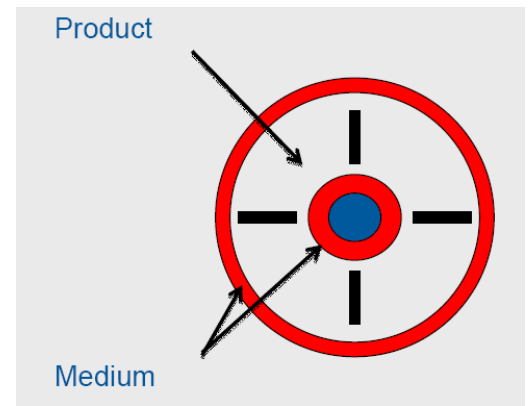
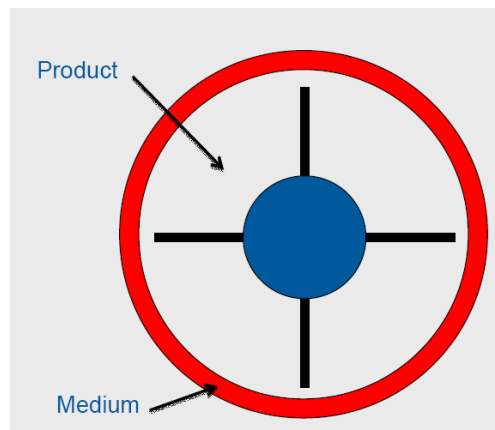
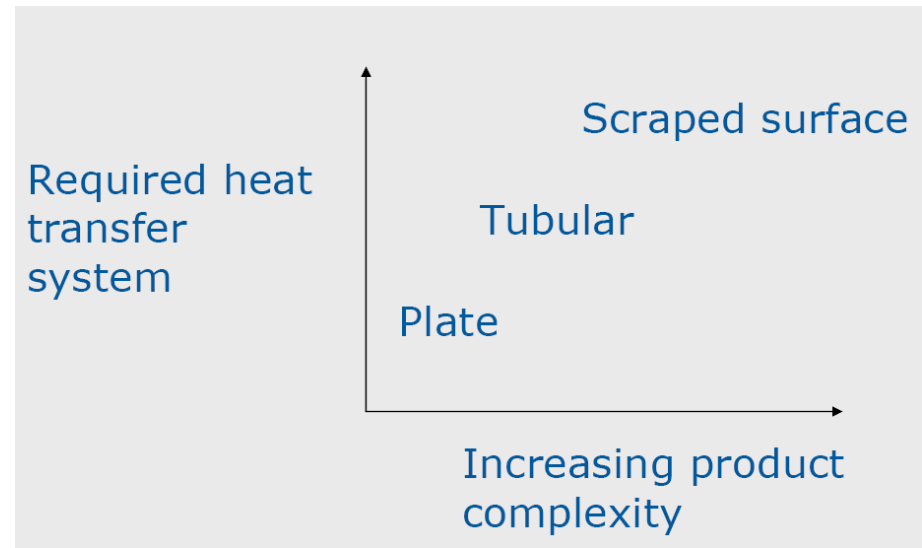
Použitie v systéme:  
(l)-(l), (l)-(g),

Výhody:

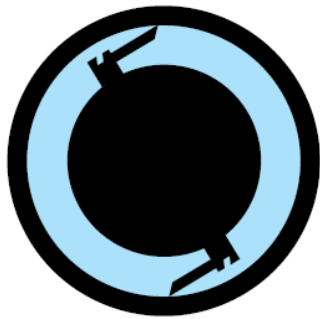
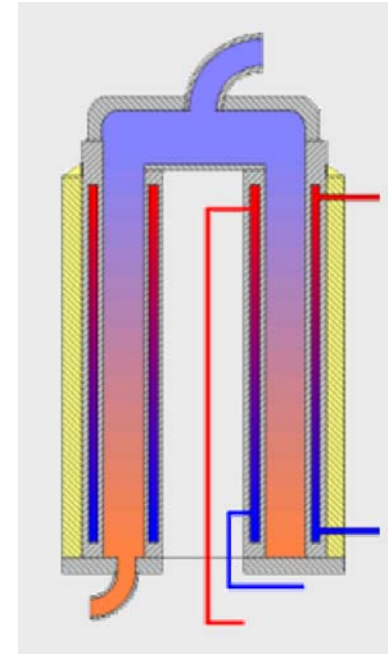
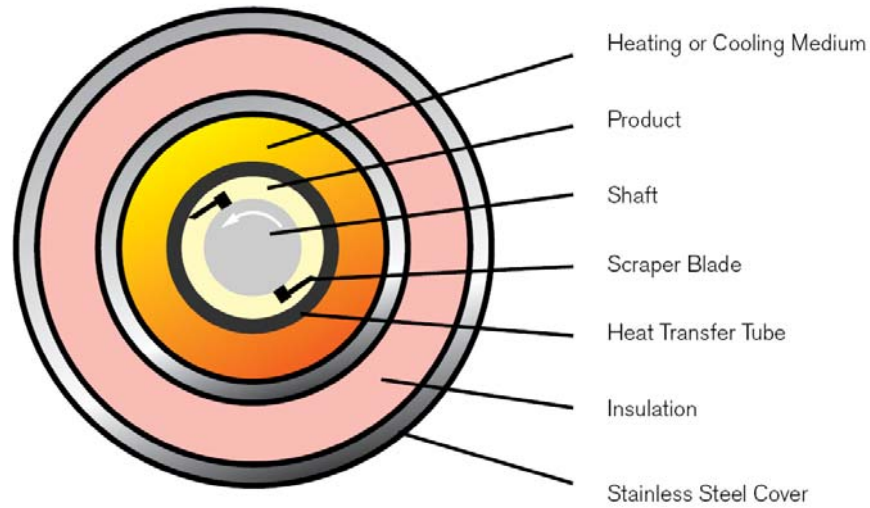
- Pre extrémne viskózne látky
- častice do cca 25 mm,
- rozoberateľné, /čistiteľnosť/.

Nevýhody:

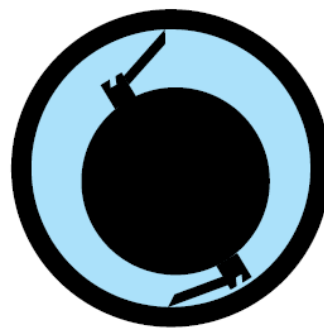
- vysoká cena, komplikované,
- nižší max. tlak v stieranej sekcii,
- nízka  $\beta$ ,
- vyžaduje motor.



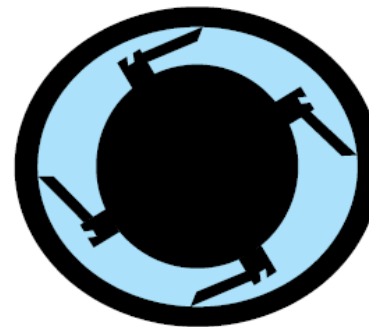
# Rekuperáčné VT: Výmenník tepla so stieraným povrchom



CONCENTRIC



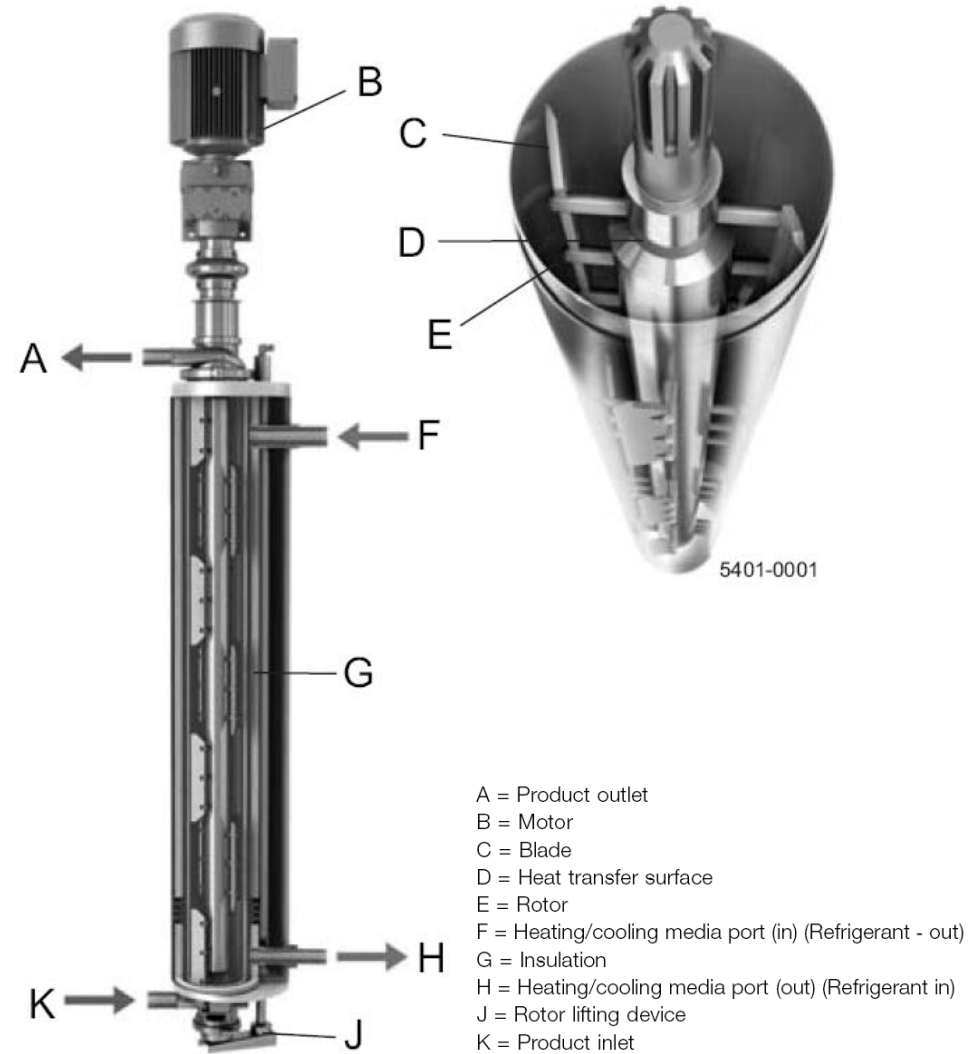
ECCENTRIC



OVAL TUBES



## Rekuperáčné VT: Výmenník tepla so stieraným povrchom



# Rekuperáčné VT: Doskový výmenník tepla

Medzi doskové výmenníky patrí široké spektrum výmenníkov tepla ktoré používajú „dosku“ ako teplovýmennú plochu.

Rozdelenie:

- rozoberateľné ( s tesnením )
- nerozoberateľné ( bez tesnenia )

Tvar dosky:

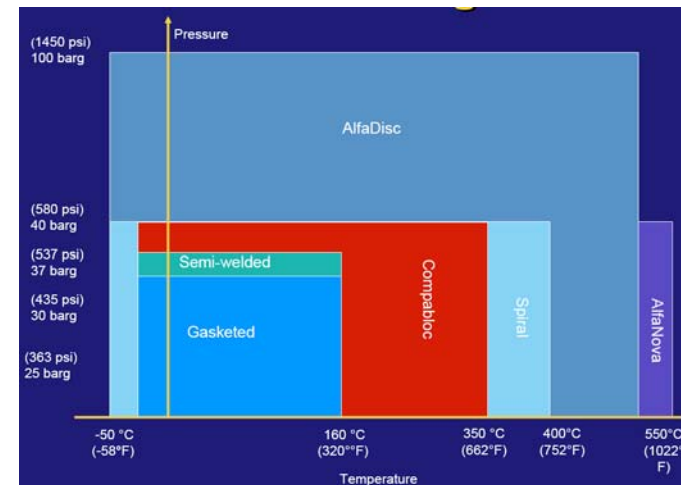
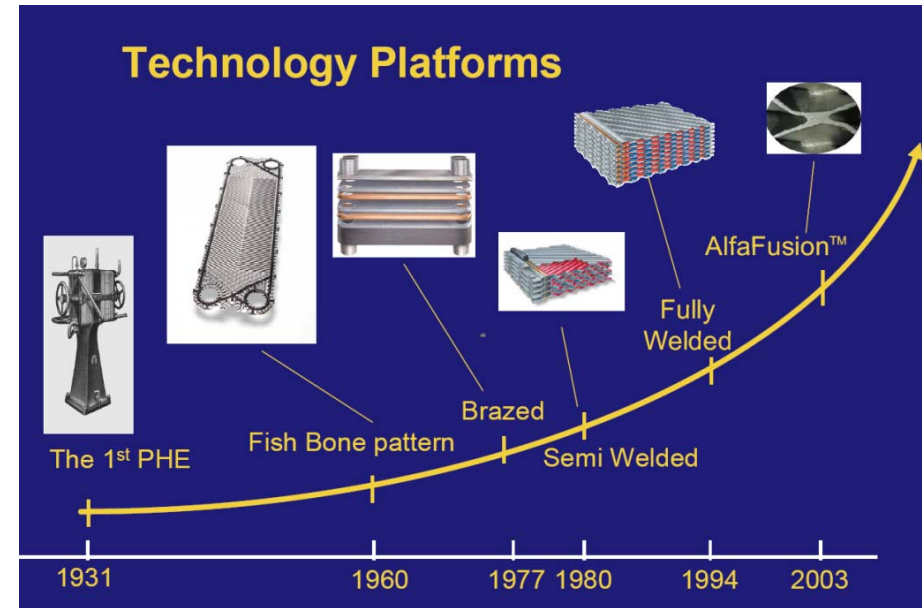
- obdĺžnikový tvar
- kruhový tvar

V súčasnosti najprogressívnejšie napredujúca oblasť vývoja VT.

V súčasnosti /rozsah tlakov a teplôt/:

$p=10 \text{ MPa}$

$T=500 \text{ }^\circ\text{C}$



## Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Patent z roku 1878 ( Nemecko )

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:

$p = 0,4 \text{ MPa}$

$T = 160 \text{ }^\circ\text{C}$

$\beta: 250\text{-}700 \text{ m}^2/\text{m}^3$

$\alpha: (\text{l})\text{-}(\text{l}): 500\text{-}2000 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$



Gasketed plate heat exchanger /GPHE/

SK: Rozoberateľný doskový výmenník tepla

Použitie:

(l)-(l), (l)-(g), (g)-(l).

Výhody:

je možné teplovýmennú plochu podľa požiadaviek zväčšiť alebo zmenšiť,  
profilovanie dosák vedie i pri malých rýchlostiach k turbulentnému toku,  
krátke zdržné doby,  
veľmi dobrá možnosť čistenia,  
hygienické.

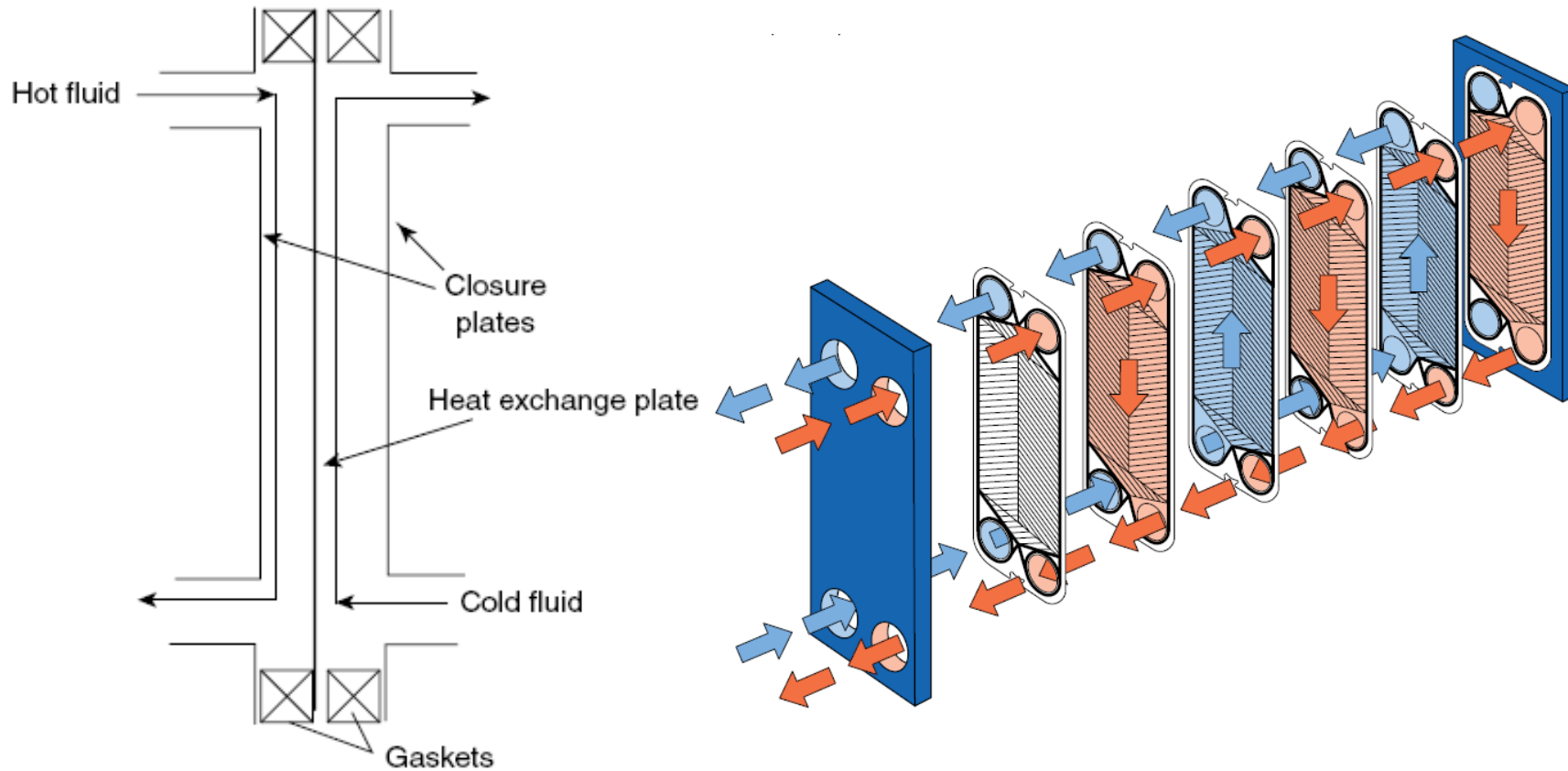
Nevýhody:

obmedzený rozsah teplôt a tlakov (daný materiálom tesnenia a tuhosťou dosák),  
tesnenie (dlhé tesniace plochy).



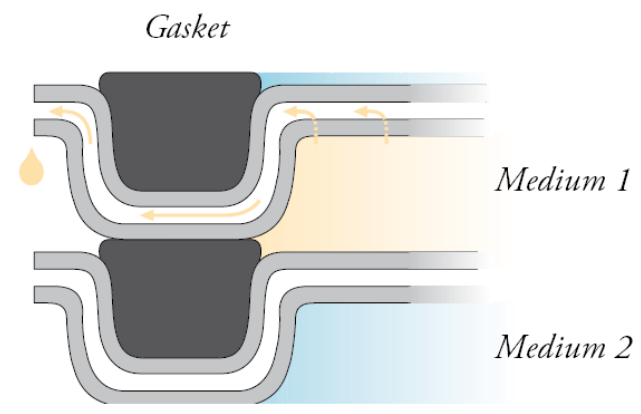
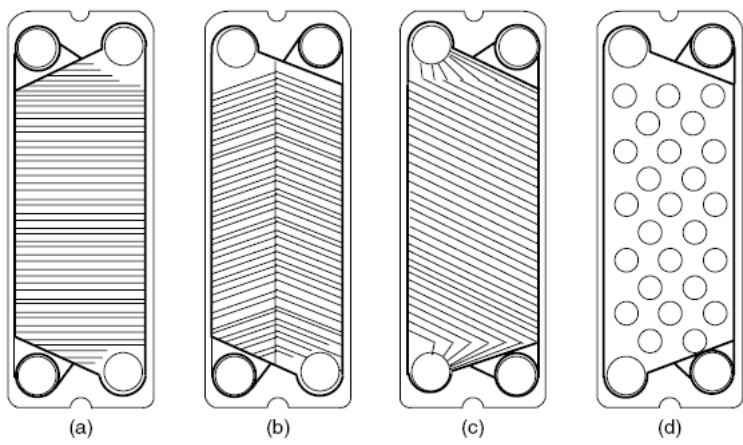
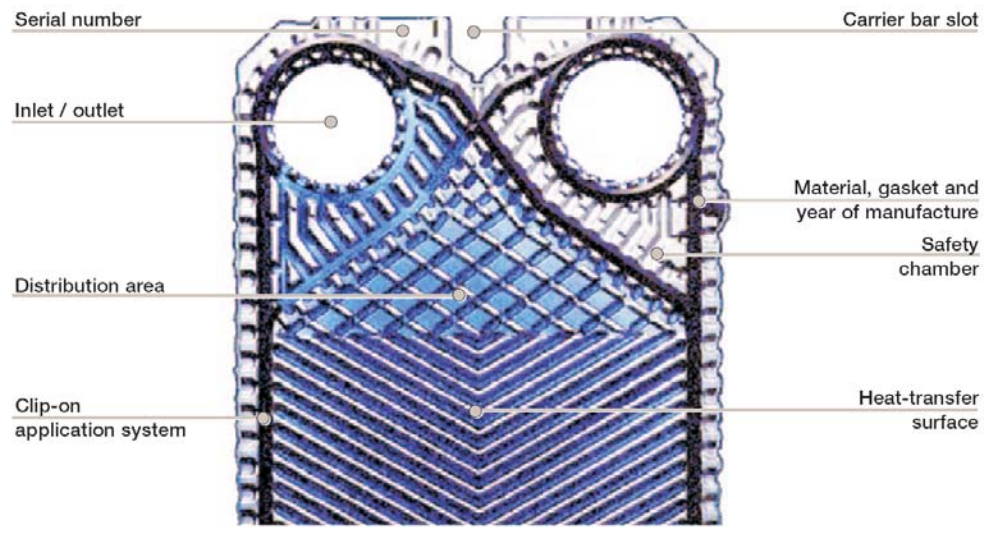
# Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Základný koncept



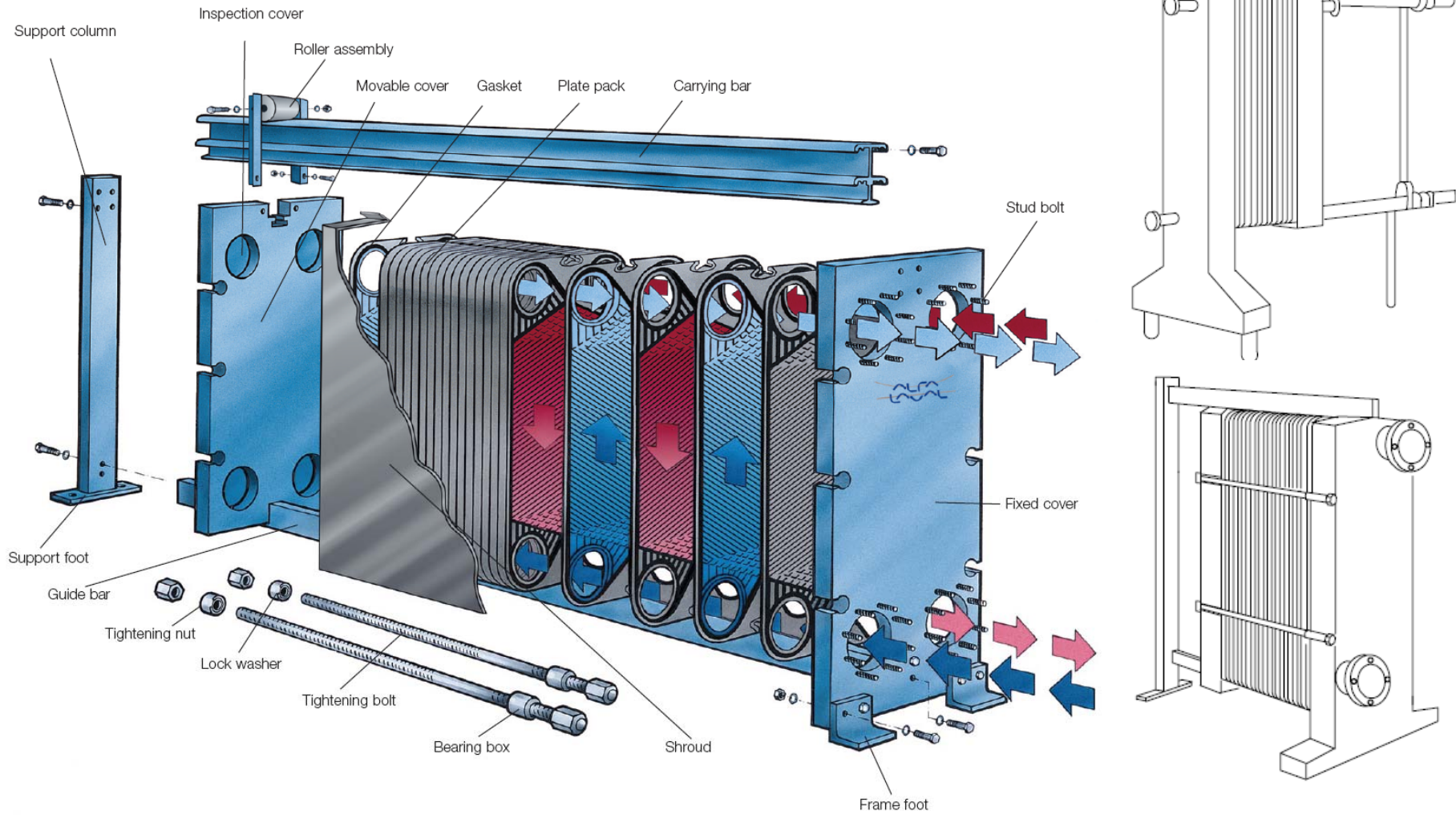
# Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Dosky /Plates /



# Rekuperáčné VT: Doskový výmenník tepla

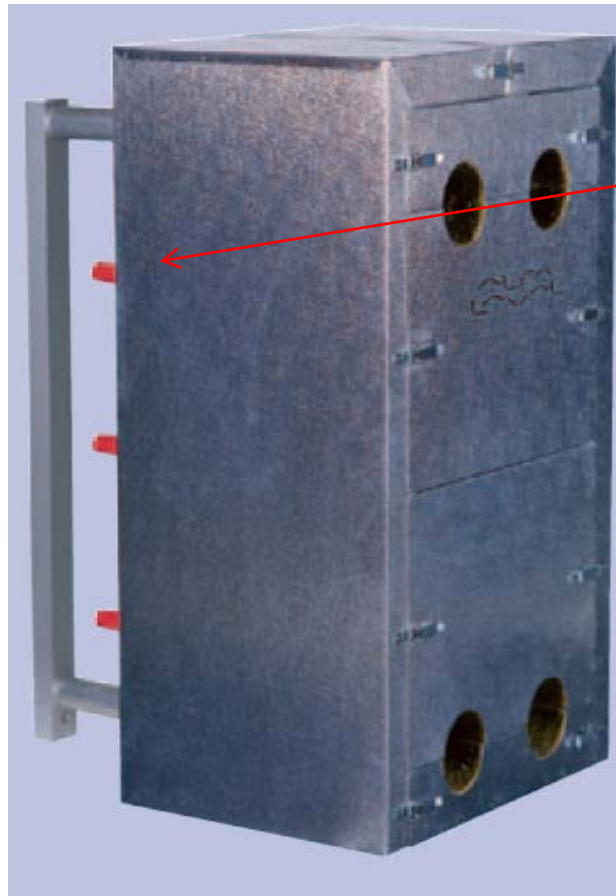
## Rám /Frame/





# Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Pripojenie, výbava / Connection, Insulation Frame /





## Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Prvý spájkovaný VT  
Alfa-Laval v roku 1977

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:

$p = 30 \text{ bar}$

$T = 200 \text{ °C} / -190 \text{ °C}$

$\beta - 250\text{-}700 \text{ m}^2/\text{m}^3$



Spájka: Meď

Brazed plate heat exchanger /BHE, BPHE/  
SK: Spájkovaný výmenník tepla

Použitie:

(I)-(I). ideálne pre čisté média

Výhody:

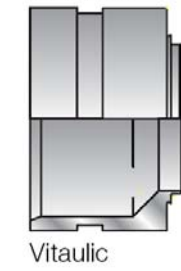
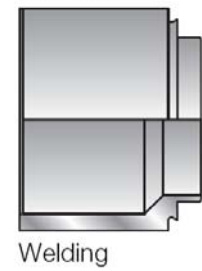
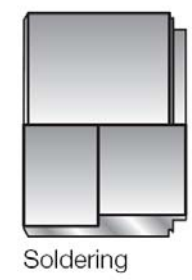
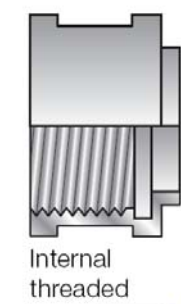
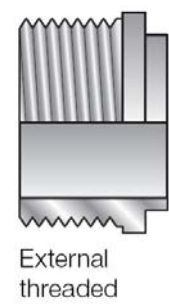
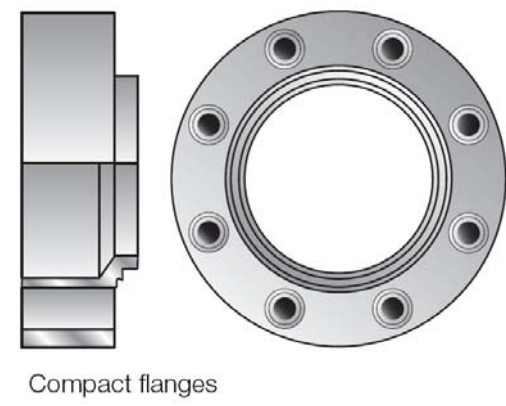
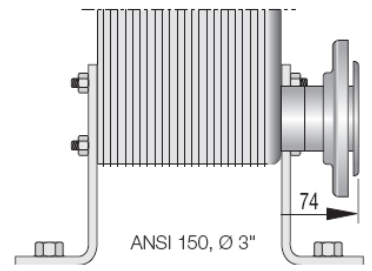
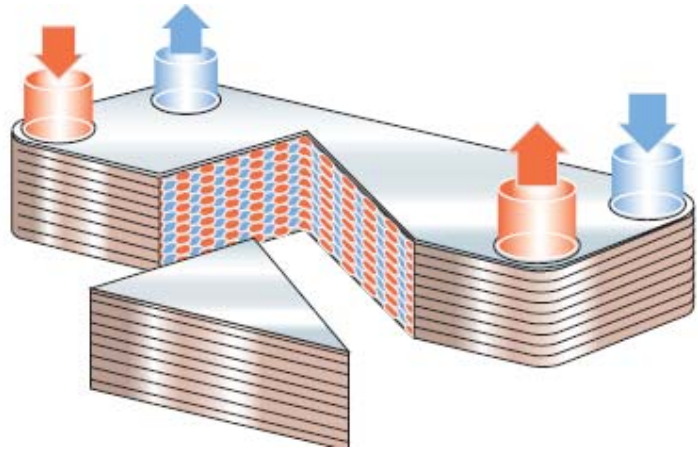
bez tesnenia – spoľahlivosť,  
nízka cena aj náklady na montáž a zapojenie,  
malá zastavaná plocha v porovnaní s napr. STHE  
(10-20 %)  
minimálna údržba ( self-cleaning effect),  
krátke zdržné doby,  
vhodné pre kryogénne aplikácie.

Nevýhody:

nerozoberateľné ( čistenie len chemicky - CIP )  
nevhodné pre médiá s časticami  
max. tlaky cca 30 bar.  
v prípade zanesenia – nevyčistiteľný

# Rekuperáčné VT: Doskový výmenník tepla

Pripojenie /Connection/



## Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Celonerezový VT. Výrazné vylepšenie spájkovaného VT.

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:

$p = 40 \text{ bar}$

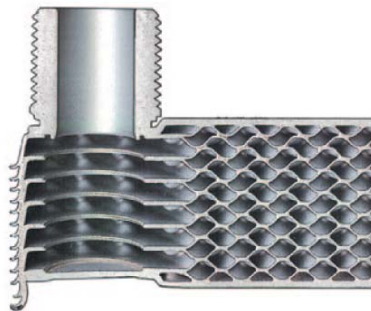
$T = 500 \text{ °C}$

$\beta - 250-700 \text{ m}^2/\text{m}^3$



Alfa – Fusion.  
Technológia spájania natavením

iba Alfa Laval.



Fusion-Bonded plate heat exchanger /FBHE, FBPHE/

SK: Celonerezové výmenník tepla

Použitie:

(I)-(I). ideálne pre čisté médiá

Výhody:

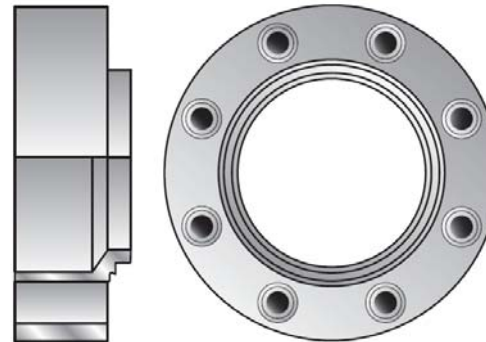
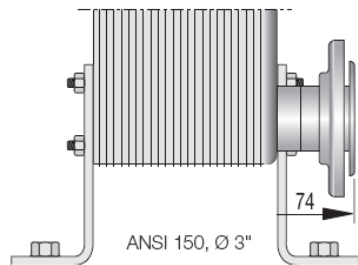
pre vysokoteplotné aplikácie,  
bez tesnenia, bez spájky – spoľahlivosť,  
minimálna údržba ( self-cleaning effect),  
odolnosť voči tlakovým rázom,  
korózia.

Nevýhody:

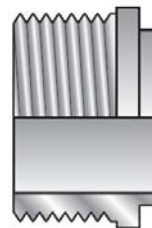
nerozoberateľné ( čistenie len chemicky - CIP )  
nevhodné pre médiá s časticami  
v prípade zanesenia – nevyčistiteľný

# Rekuperáčné VT: Doskový výmenník tepla

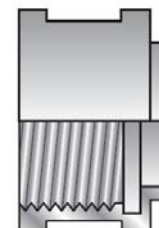
Pripojenie /Connection/



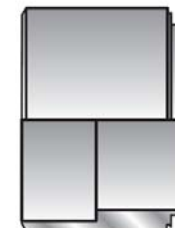
Compact flanges



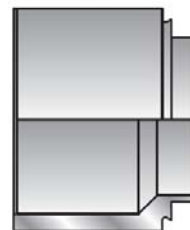
External threaded



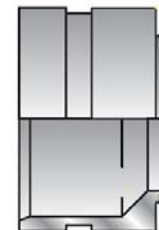
Internal threaded



Soldering



Welding



Vitaulic



## Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Zváraný doskový VT.

Najväčší konkurent STHE aj v oblastiach vysokých teplôt a tlakov.

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:

$p = 100 \text{ bar}$

$T = 900 \text{ °C}$

Shell Plate Heat Exchanger /SPHE/

SK: Opláštovaný doskový výmenník tepla

Použitie:

(l)-(l), (l)-(g).

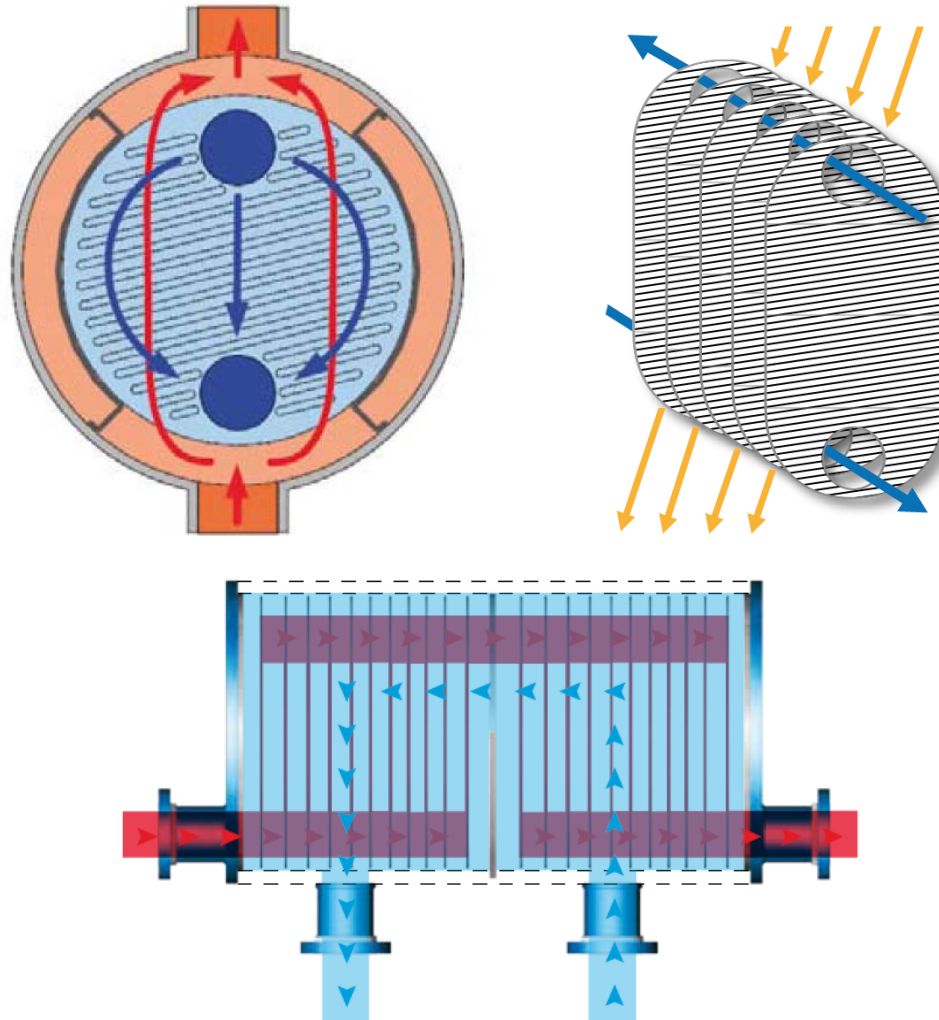
Výhody:

pre vysokoteplotné a vysokotlakové aplikácie,  
kompaktný,  
možnosť čistenia.



# Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Princíp činnosti



Shell Plate Heat Exchanger  
/SPHE/  
SK: Opláštovaný doskový  
výmenník tepla

Dosky:  
Kruhové dosky  
Oválne dosky



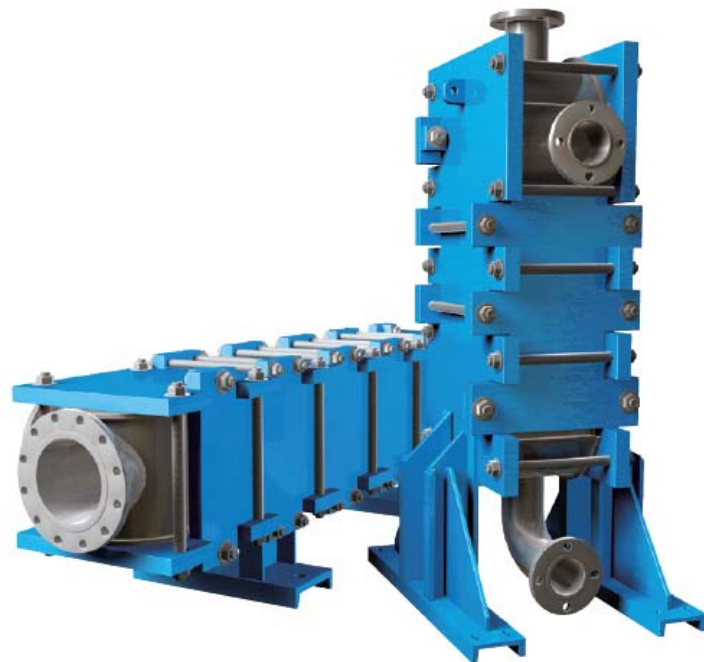
## Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Najväčší konkurent STHE aj v oblastiach vysokých teplôt a tlakov.

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:

$p = 70 \text{ bar}$

$T = 350 \text{ °C}$



Welded Plate Heat Exchanger /WPHE/  
SK: Zváraný (Celozváraný) doskový výmenník tepla

Použitie:

(l)-(l), (l)-(g).

Výhody:

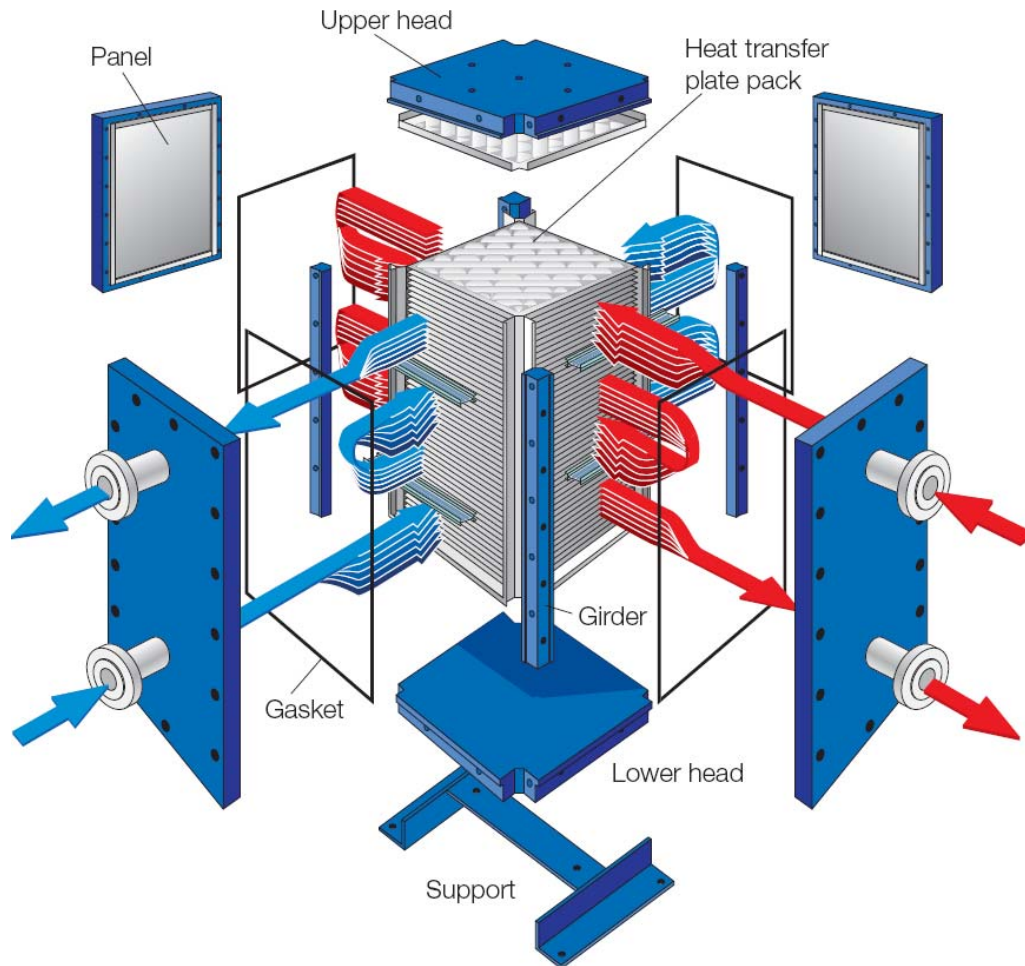
všetky presnosti doskového výmenníka tepla pre vysokoteplotné a vysokotlakové aplikácie, kompaktný,

1/6 zastavanej plochy, 1/6 hmotnosti oproti STHE.

teplovýmenná plocha až 320 m<sup>2</sup>, jednoduché čistenie.

# Rekuperačné VT: Doskový výmenník tepla

Princíp činnosti





## Rekuperačné VT: Špirálový výmenník tepla

... viac ako 70 rokov na trhu

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:

$p = 40 \text{ bar}$

$T = 400^\circ\text{C}$

Orientačné hodnoty  $\alpha$  v systéme:

(l)-(l):  $700\text{-}2500 \text{ W/m}^2\text{K}$

(l)-(g):  $900\text{-}3500 \text{ W/m}^2\text{K}$



Použitie:

(l)-(l), (g)-(l)

Výhody:

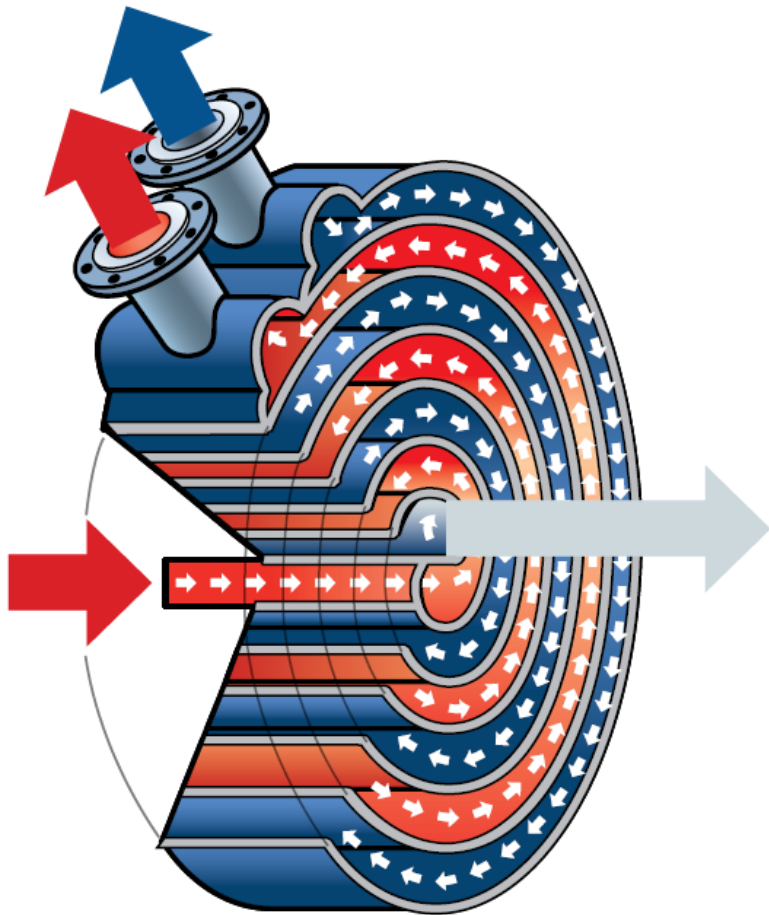
- malé znečistenie teplovýmennej plochy aj pri tekutinách náchylných na vytváranie nánosov,
- možnosť mechanického čistenia,
- žiadne „mŕtve“ miesta
- vysoké hodnoty súčiniteľov prechodu tepla.

Nevýhody:

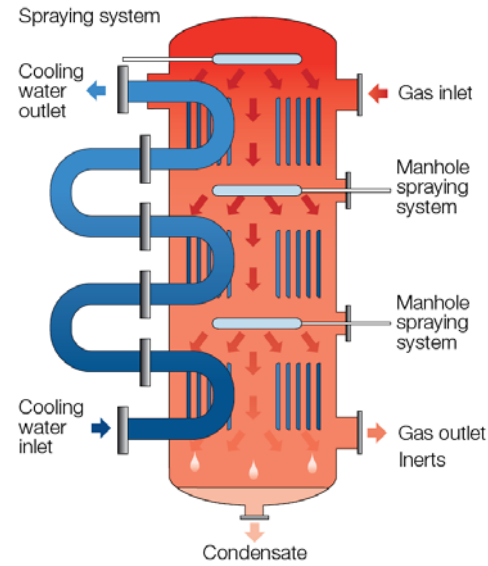
obmedzený rozsah teplôt a tlakov,  
náročnejšia výroba – vyššia cena.

# Rekuperačné VT: Špirálový výmenník tepla

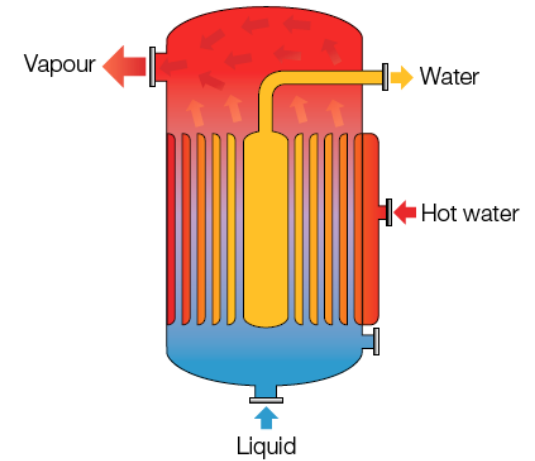
Princíp činnosti



Multi stage condenser



Evaporator/re-boiler



- Cross-section decrease
- Local velocity increase
- Deposits removal

# Rekuperačné VT: Špirálový výmenník tepla

Prevedenie



Horizontálne

Vertikálne

Kolónový  
aparát



## Rekuperačné VT: Špirálový výmenník tepla



Fouling minimized, maintenance costs reduced  
In its new refinery, a Russian oil company replaced 12 shell-and-tube heat exchangers in the visbreaking process with eight Alfa Laval SHEs. Since there is hardly any fouling, the company saves 1.6 m Euro per year on maintenance and production is more stable and profitable.

Alfa Laval



Jednoduché a rýchle  
čistenie



## Rekuperačné VT: Vzduchový výmenník tepla

EN: Air cooled HE, Fin Fan HE, ...

Chladiace médium je vždy vzduch vháňaný na rebrované rúrky (alebo dierovaný blok).

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:

$p =$  bežne 16 bar a viac.. ( rúrka )

$T = 400^{\circ}\text{C}$



Použitie:

(l)-(g) – médium vždy vzduch

Výhody:

situácie kde vzduch je najekonomickejšie

chladiace médium,

aj pre vysoké tlaky,

možnosť použitia širokého rozsahu materiálov pre rebrá a rúrky.

veľké výkony, v desiatkach MW.

Nevýhody:

obmedzenia – max. teplota vzduchu

náročnejšia výroba,

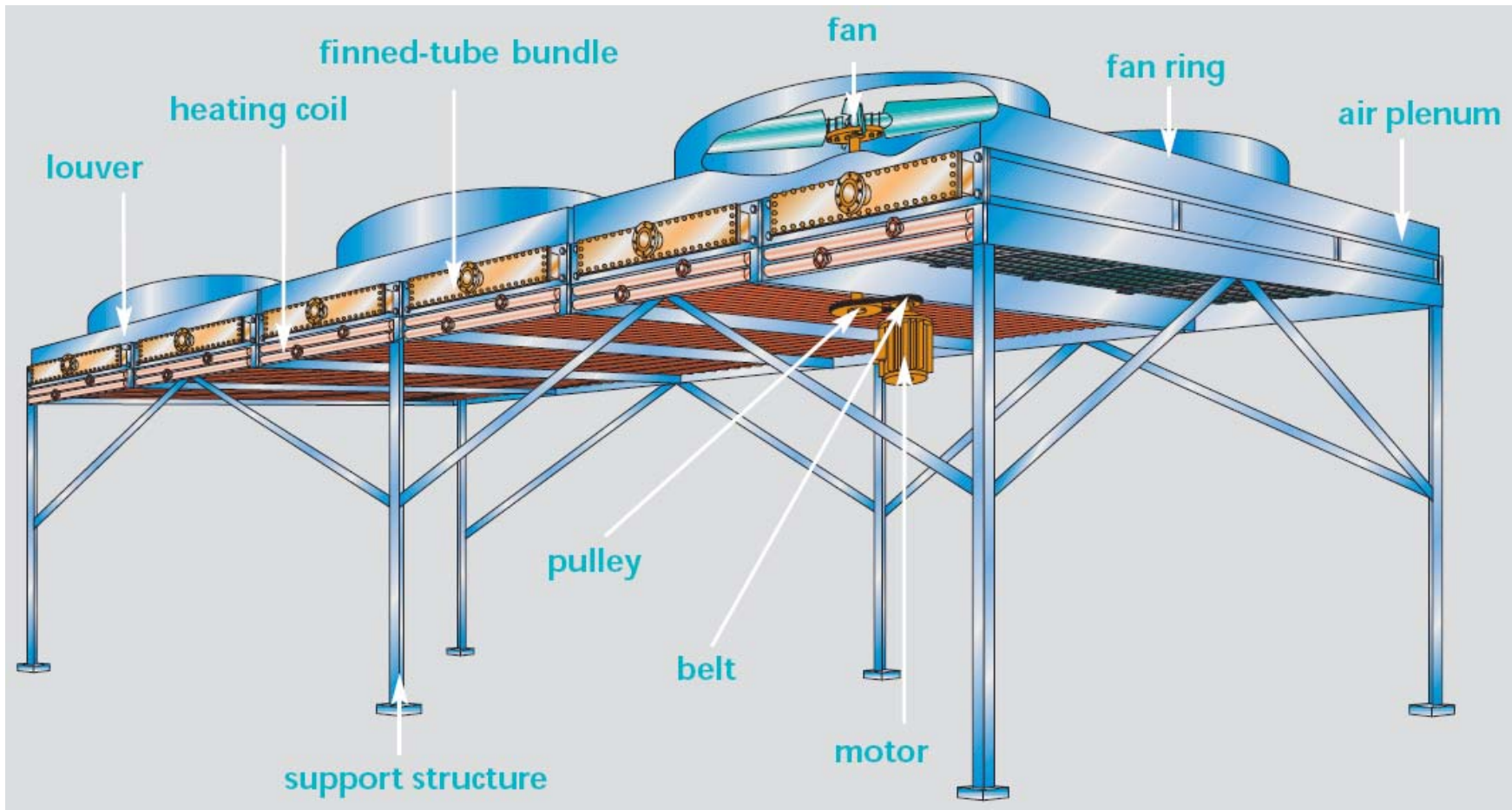
veľká zastavaná plocha,

hluk,

nízke súčinitele prechodu tepla.

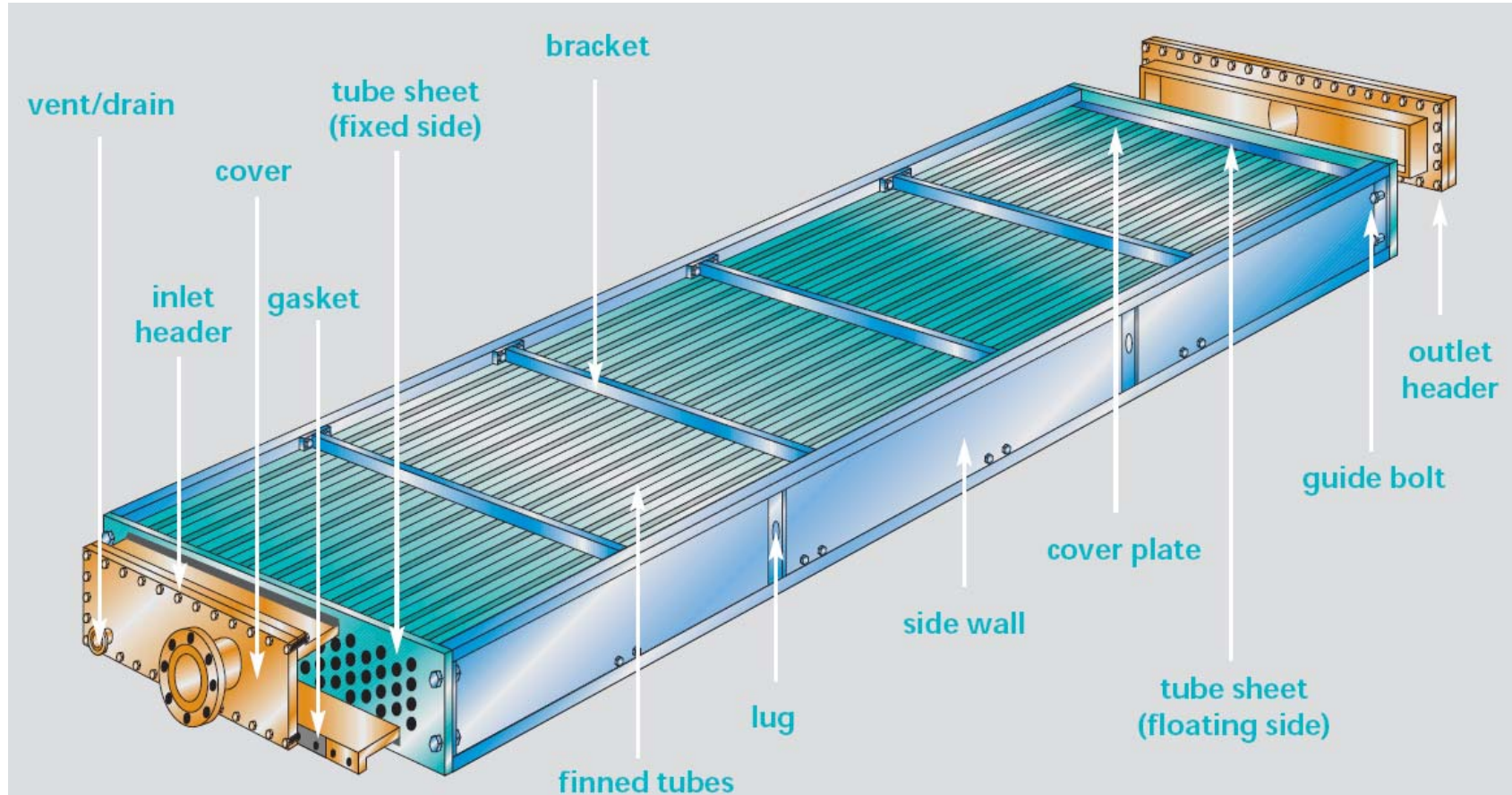
# Rekuperačné VT: Vzduchový výmenník tepla

Základné časti



# Rekuperačné VT: Vzduchový výmenník tepla

Základné časti





# Rekuperačné VT: Vzduchový výmenník tepla

Rebrovaná rúrka

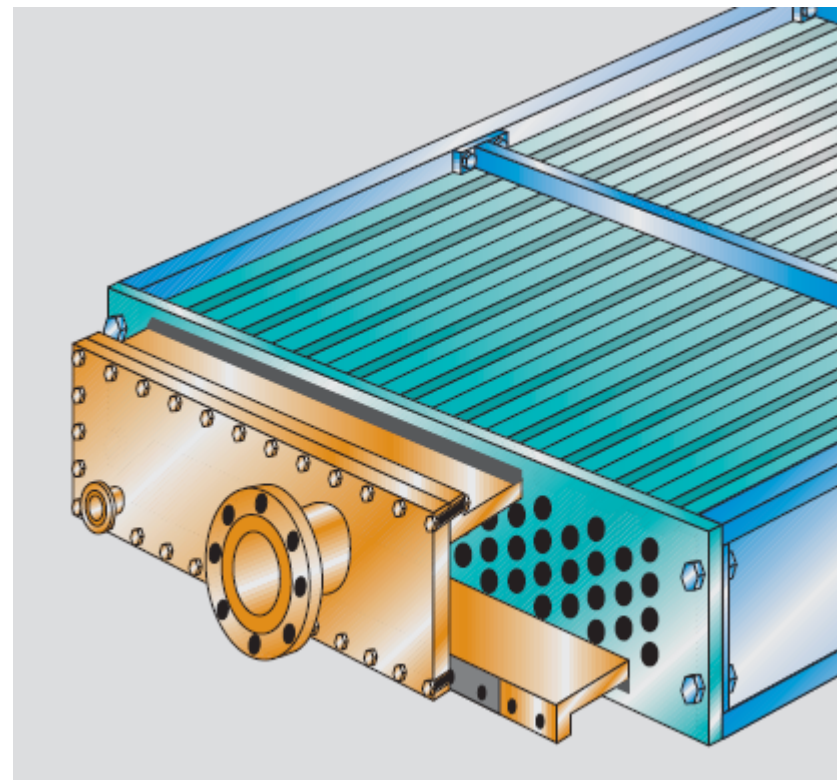
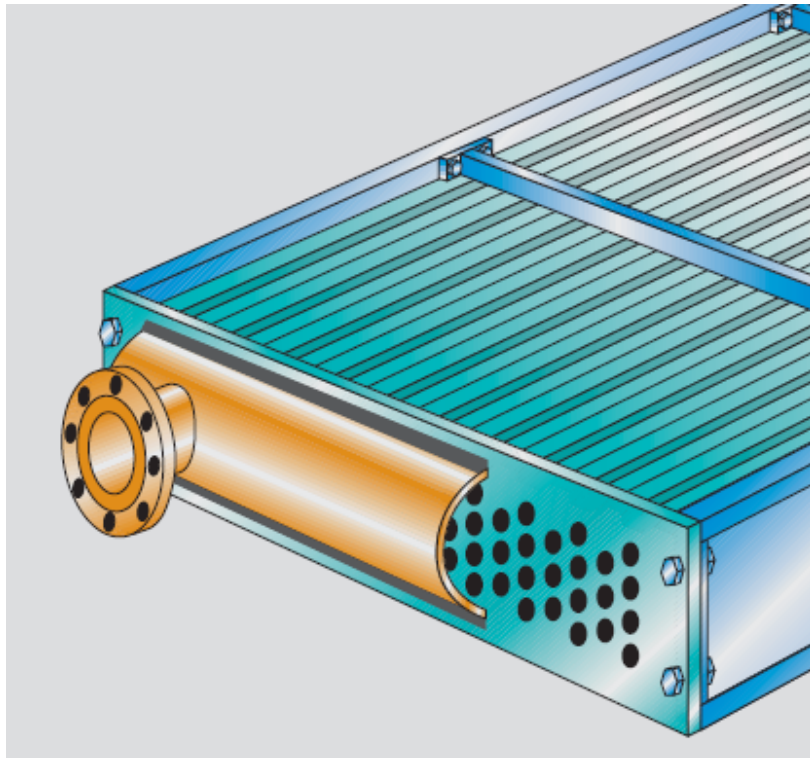
The image displays four technical diagrams of finned tubes, each with a corresponding text box. The diagrams show a cross-section of the tube and a perspective view of the finned section. Red arrows point from the text boxes to the specific parts of the diagrams.

- Diagram 1 (top left):** Shows a tube with a hexagonal cross-section and a finned section. The text box specifies: Rúrka: bez obmedzenia, Rebro: Al, T= 250°C.
- Diagram 2 (top right):** Shows a tube with a circular cross-section and a finned section. The text box specifies: Rúrka: nerez, Rebro: nerez, T= 360°C.
- Diagram 3 (bottom left):** Shows a tube with a circular cross-section and a finned section. The text box specifies: Rúrka: tep. odolný mat., Rebro: Al, T= 400°C.
- Diagram 4 (bottom right):** Shows a tube with a circular cross-section and a finned section. The text box specifies: Rúrka: bez obmedzenia, Rebro: Al, T= 130°C.



## Rekuperačné VT: Vzduchový výmenník tepla

Rúrkovnica a rozdeľovač



Prevedenie rozdeľovača:

-rozoberateľný

-nerozoberateľný ( bez možnosti čistenia rúrok )

## Rekuperačné VT: Výmenník s ohrevným hadom

EN: Heating Coil,

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:

$p = 120 \text{ bar}$  a viac.. ( rúrka )

$T = 600^\circ\text{C}$  a viac

$\beta - 10 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Orientačné hodnoty  $\alpha$  v systéme:

(l)-(l):  $700\text{-}2500 \text{ W/m}^2\text{K}$

(l)-(g):  $900\text{-}2500 \text{ W/m}^2\text{K}$



Použitie:

(l)-(g), (l)-(l), kond.

Výhody:

jednoduchá výroba,  
variabilné a vysoké  $\alpha$ .  
( otázne je  $\alpha$  na druhej  
strane )

Nevýhody:

vyššia tlaková strata,  
malé hmotnostné toky,  
osadené vnútri aparátu.

## Rekuperačné VT: Ohrevné plechy "Platecoil"

EN: Heating Coil,

Rozsah tlakov a teplôt bežne do:

$p = 20 \text{ bar}$  a viac..

$T = 250^\circ\text{C}$  a viac

$\beta - 50$  a viac  $\text{m}^2/\text{m}^3$



Použitie:

(l)-(g), (l)-(l), kond.

Výhody:

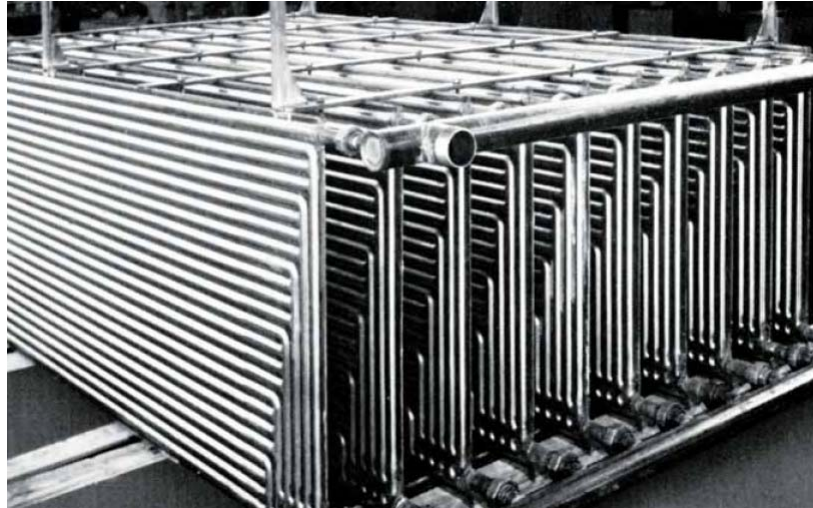
variabilné  
prispôsobí sa podľa  
potreby

Nevýhody:

vyššia tlaková strata,  
malé hmotnostné toky,



## Rekuperačné VT: Ohrevné plechy "Platecoil"





## Rekuperačné VT: Blokové VT - grafitové

EN: Block HE,

Rozsah tlakov a teplôt  
bežne do:

$p = 6 \text{ bar}$  a viac

$T = 200^\circ\text{C}$

$\beta - 10$  a viac  $\text{m}^2/\text{m}^3$



Použitie:

(l)-(g), (l)-(l)  
extrémne korózne  
prostredie

Výhody:

aplikácie kde sa  
nedá použiť iný  
materiál

Nevýhody:

vysoká cena  
zväčša do nižších  
tlakov vyššia

## Rekuperačné VT: Blokové VT

