

Criteria bij de selectie: pijpenwarmtewisselaar of platenwarmtewisselaar

Ing. A. J. te Boekhorst en ing. J. M. L. Nijssen

1.	Inleiding	K1010- 3
2.	Selectiecriteria	K1010- 3
3.	Pijpenwarmtewisselaar versus platenwarmtewisselaar	K1010- 5
3.1.	Pijpenwarmtewisselaar	K1010- 5
3.2.	Platenwarmtewisselaar	K1010- 5
3.3.	Prijscriteria	K1010- 5
4.	Prijsvergelijking pijpenwarmtewisselaars en platenwarmtewisselaars	K1010- 7
4.1.	Prijsoverzicht in NLG van kale pijpen- en platenwarmtewisselaars in de meest toegepaste materiaalcombinaties	K1010- 7
4.2.	Prijsoverzicht in NLG van compleet geïnstalleerde pijpen- en platenwarmtewisselaars in de meest toegepaste materiaalcombinaties	K1010- 8
4.3.	Prijsverhouding pijpen- en platenwarmtewisselaars in dezelfde materialen	K1010- 8
5.	Conclusie	K1010- 8
6.	Installatiefactoren voor pijpen- en platenwarmtewisselaars	K1010- 9
Bijlage 1. Voorbeeld output rekenmodel voor de prijsvergelijking pijpenwarmtewisselaars en platenwarmtewisselaars		
Bijlage 2. Toelichting Diskette rekenmodel voor de prijsvergelijking pijpenwarmtewisselaars en platenwarmtewisselaars		

1. Inleiding

Het kiezen van een geschikt type warmtewisselaar is geen moeilijke taak. Veel types voldoen aan de eisen. Het kiezen van de optimale warmtewisselaar is veel moeilijker. In sommige gevallen zal incomplete informatie de keus bepalen.

Vele jaren was de pijpenwarmtewisselaar het meest belangrijke type. Vanwege de flexibiliteit in het ontwerp wordt dit type ook nu nog veelvuldig toegepast. Niettemin worden andere type warmtewisselaars meer en meer gespecificeerd, met name de platenwarmtewisselaars.

Het is bijna niet mogelijk bij het kiezen richtlijnen te geven, die eenduidig leiden naar het beste type.

De proces engineer zal steeds zelf de voordelen/nadelen van bepaalde types tegen elkaar af moeten wegen. Vaak leidt dit tot meerdere oplossingen, die alle geëvalueerd dienen te worden.

2. Selectiecriteria

Bij het kiezen van een warmtewisselaar zijn een aantal selectiecriteria van belang, zoals:

- soort toepassing;
- ontwerptemperatuur;
- ontwerpdruk;
- vervuilingfactor, gemak van schoonmaken;
- corrosiebestendigheid (in verband met materiaalkeuze);
- onderhoudseisen;
- omgevingseisen (lawaai, lekkage);
- prijs.

Gewoonlijk domineert één criterium bij de keus, bijvoorbeeld ontwerp, schoonmaakeisen of omgevingseisen.

Belangrijk bij het ontwerp zijn de eventuele risico's:

- is de vloeistof gevaarlijk (giftig, ontvlambaar);
- bij welke apparaten wordt de warmtewisselaar opgesteld;
- wat is de schade aan personeel/omgeving bij lekkage.

De proces engineer kiest echter ook vaak op grond van historische argumenten: het type warmtewisselaar is al eens eerder met goed resultaat toegepast bij een overeenkomstig project.

Hieronder volgt een overzicht van de meest voorkomende typen warmtewisselaars (met de internationale benaming):

K1010-4 Criteria bij de selectie: pijpenwarmtewisselaar of platenwarmtewisselaar

– Multi-tube exchangers:

- shell and tube;
- U-tube;
- spiral tube;(*)
- close tube.

– Single-tube exchangers:

- double pipe;
- trombone;
- coils.

– Plate exchangers:

- gasketed plate;(*)
- spiral plate;
- lamella;
- plate evaporator.

– External heating:

- welded jackets;
- half bore tubing;
- panel coils;
- steam/elektr. tracing.

– Extended surfaces:

- air-cooled;
- plate-fin;
- low-fin.

– Specials:

- scrubber-condensers;
- froth-cooled;
- plastic tube;
- carbon block;
- scraped surface.

Meer bijzonderheden over bovenstaande types zijn vermeld in het: HTFS Design Report No. 18, Selection of heat exchanger equipment, Part 1. We zullen ons verder beperken tot de keus tussen de met een (*) aangegeven types, de shell & tube exchanger (= pijpenwarmtewisselaar) en de gasketed plate exchanger (= platenwarmtewisselaar).

3. Pijpenwarmtewisselaar versus platenwarmtewisselaar

3.1. Pijpenwarmtewisselaar

Voordelen:

- goede design methodes beschikbaar;
- technisch geschikt voor bijna alle capaciteiten;
- hoge ontwerpdrukken (600 bar) en hoge temperaturen geen probleem;
- beschikbaar voor alle toepassingen;
- beschikbaar in bijna alle metalen, kunststof, grafiet en glas;
- brede range van „flow rates” en „heat loads” door variaties in tube diameter, tube lengte, tube pitch, aantal tubes, etc.

Nadelen:

- relatief duur per m² warmtewisselend oppervlak (= VO);
- lage warmte-overdrachtscoëfficiënt;
- moeilijker schoon te maken.

3.2. Platenwarmtewisselaar

Voordelen:

- gemakkelijk schoon te maken;
- hoge warmte-overdrachtscoëfficiënt;
- minder vervuiling;
- veel plaatmaterialen beschikbaar;
- goedkoop;
- zeer compacte bouw, laag gewicht;
- capaciteit gemakkelijk uit te breiden.

Nadelen:

- ontwerpdrukken tot 14 bar;
- ontwerptemperaturen tot 150-160 °C (begrensd door pakkingmateriaal);
- veel aandacht voor pakking (ook na schoonmaken);
- kans op lekkage;
- aan fabrikanten standaard gebonden (manufacturer design).

3.3. Prijscriteria

Zijn bovenstaande voordelen/nadelen tegenover elkaar afgewogen en blijken zowel de pijpenwarmtewisselaar als de platenwarmtewisselaar aan de verschillende criteria te voldoen, dan zal in het algemeen de goedkoopste oplossing gekozen worden.

Als men de prijs van een pijpenwarmtewisselaar wil vergelijken met

K1010-6 Criteria bij de selectie: pijpenwarmtewisselaar of platenwarmtewisselaar

de prijs van een platenwarmtewisselaar, dient men niet uit te gaan van gelijke VO's, maar van een gelijke warmtestroom.

De warmtestroom (Q) is in formulevorm gelijk aan:

$$Q = U \times A \times \Delta T_m$$
, waarin:

U = warmte-overdrachtscoëfficiënt

A = warmtewisselend oppervlak (VO)

ΔT_m = logaritmisch gemiddelde van het temperatuurverschil

Nu is :

$$U_{pl} = 5 \text{ tot } 10 \times U_{pijp}$$
, waarin:

U_{pl} = warmte-overdrachtscoëfficiënt van een platenwarmtewisselaar

U_{pijp} = warmte-overdrachtscoëfficiënt van een pijpenwarmtewisselaar

Hieruit volgt:

Bij gelijke warmtestroom en gelijke ΔT_m is het benodigde VO van een pijpenwarmtewisselaar 5 tot 10 \times zo groot als van een platenwarmtewisselaar.

Men dient dus de prijs van een platenwarmtewisselaar te vergelijken met de prijs van een pijpenwarmtewisselaar, die een 5 tot 10 keer zo groot VO heeft.

Het zal duidelijk zijn, dat de cost engineer niet zelfstandig de keuze kan bepalen en bij voorkeur overleg zal dienen te plegen met de proces engineer.

Als men spreekt over de prijs van een warmtewisselaar, kan men het volgende onderscheid maken:

- kale apparaat prijs;
- prijs van het compleet geïnstalleerde apparaat.

In het volgende hoofdstuk zijn voor een drietal VO's en voor enkele materialen de kale apparaatprijzen en de prijzen van compleet geïnstalleerde pijpen- en platenwarmtewisselaars gegeven.

4. Prijsvergelijking pijpenwarmtewisselaars en platenwarmtewisselaars

4.1. Prijsoverzicht in NLG x 1000 van kale pijpen- en platenwarmtewisselaars in de meest toegepaste materiaalcombinaties (prijspeil januari 2000)

Pijpenwarmtewisselaars

Materiaal: mantel/pijpen	VO 10 m ²	VO 100 m ²	VO 500 m ²
Staal/staal	24	70	200
Staal/RVS 316	37	115	367
Staal/CuNi	54	156	473
Staal/Hastelloy	118	374	1430
RVS 316/RVS 316	41	134	439

Bovenstaande prijzen zijn gebaseerd op de volgende uitvoering:

- TEMA type: BEM
- Ontwerpdruk shell/tubes: < 10 bar
- Tube OD/pitch/lay-out: 25.4 mm/32 mm/driehoek
- Tube dikte: 14 BWG
- Aantal tube passes: 2
- Opstelling: Horizontaal
- Uitvoering: Zonder expansiebalg

Platenwarmtewisselaars

Materiaal: mantel/pijpen	VO 10 m ²	VO 100 m ²	VO 500 m ²
Staal/RVS 316	7	38	171
Staal/Titaan	13	66	300
Staal/Hastelloy	27	137	625

Bovenstaande prijzen zijn gebaseerd op de volgende uitvoering:

- Frame materiaal: Staal
- Plaatdikte: 0.6-0.8 mm
- Pakkingmateriaal: Paratherm/temp.
- Aantal aansluitbussen: 4

K1010-8 Criteria bij de selectie: pijpenwarmtewisselaar of platenwarmtewisselaar

4.2. Prijsoverzicht in NLG x 1000 van compleet geïnstalleerde pijpen- en platenwarmtewisselaars in de meest toegepaste materiaalcombinaties (prijspeil januari 2000)

Pijpenwarmtewisselaars

Materiaal: mantel/ pijpen	VO 10 m ²	VO 100 m ²	VO 500 m ²
Staal/staal	92	139	292
Staal/RVS 316	110	194	489
Staal/CuNi	144	249	609
Staal/Hastelloy	189	457	1557
RVS 316/RVS 316	124	216	579

Platenwarmtewisselaars

Materiaal: mantel/ pijpen	VO 10 m ²	VO 100 m ²	VO 500 m ²
Staal/RVS 316	52	109	291
Staal/Titaan	65	132	396
Staal/Hastelloy	98	218	741

Voor installatiefactoren en uitgangspunten zie paragraaf 6

4.3. Prijsverhouding pijpen en platenwarmtewisselaars in dezelfde materialen

Hieronder zijn prijsverhoudingscijfers weergegeven van pijpen- en platenwarmtewisselaars, uitgevoerd in die materialen, waarin beide veel toegepast worden. De verhoudingscijfers zijn afgeleid uit de voorgaande prijsoverzichten.

	VO 10 m ²		VO 100 m ²		VO 500 m ²	
<i>Kale apparaat</i>	<i>Pl.</i>	<i>Pijp.</i>	<i>Pl.</i>	<i>Pijp.</i>	<i>Pl.</i>	<i>Pijp.</i>
Staal/RVS 316	100	529	100	303	100	215
Staal/Hastelloy	100	437	100	273	100	229
<i>Compl.geïnstalleerd</i>	<i>Pl.</i>	<i>Pijp.</i>	<i>Pl.</i>	<i>Pijp.</i>	<i>Pl.</i>	<i>Pijp.</i>
Staal/RVS 316	100	212	100	178	100	168
Staal/Hastelloy	100	193	100	210	100	210

5. Conclusie

We zien dat bij gelijke VO's de platenwarmtewisselaars in Staal/RVS 316 en Staal/Hastelloy bij de drie gegeven VO's goedkoper zijn

Criteria bij de selectie: pijpenwarmtewisselaar of **K1010-9**
platenwarmtewisselaar

dan de pijpenwarmtewisselaars in dezelfde materialen. Dit geldt zowel voor het kale apparaat als voor het compleet geïnstalleerde apparaat.

Nemen we nu verder in aanmerking dat het benodigde VO van een pijpenwarmtewisselaar 5 tot 10 × zo groot is als een platenwarmtewisselaar bij dezelfde condities, dan zal het toepassen van een platenwarmtewisselaar veel goedkoper zijn dan het toepassen van een pijpenwarmtewisselaar, in die gevallen waarin ze beide aan alle criteria voldoen.

6. Installatiefactoren voor pijpen- en platenwarmtewisselaars

In figuur 1a, 1b en 2 zijn voor pijpen- en platenwarmtewisselaars, uitgevoerd in diverse materialen, grafisch installatiefactoren weergegeven in afhankelijkheid van het VO.

Er geldt: Installatiefactor =

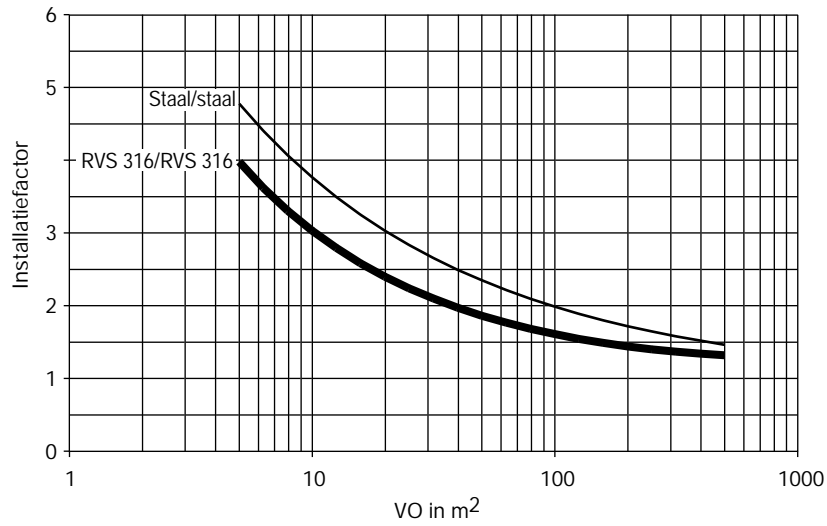
$$\frac{\text{prijs compleet geïnstalleerde apparaat}}{\text{prijs kale apparaat}}$$

waarbij prijs compleet geïnstalleerde apparaat is:

- inclusief apparaat, montage, piping, instrumentatie, isolatie, bouwkundige voorzieningen en engineering;
- exclusief staalconstructie, elektro- en schilderwerk.

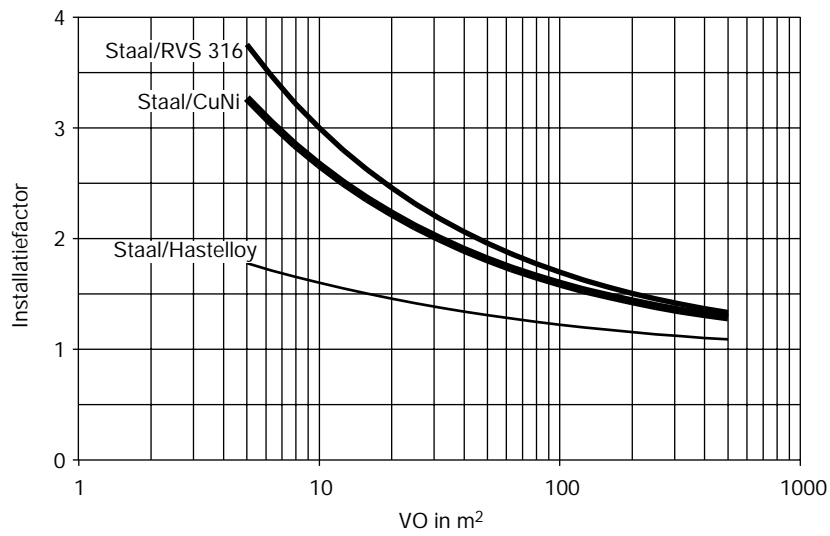
K1010-10 Criteria bij de selectie: pijpenwarmtewisselaar of platenwarmtewisselaar

0838-0303



Figuur 1a. Pijpenwarmtewisselaars.

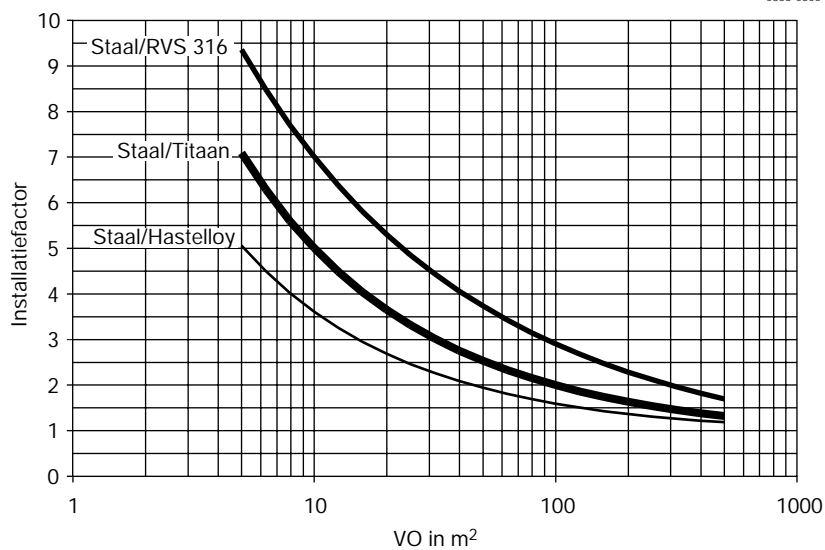
0838-0304



Figuur 1b. Pijpenwarmtewisselaars.

Criteria bij de selectie: pijpenwarmtewisselaar of **K1010-11**
platenwarmtewisselaar

0838-0305



Figuur 2. Platenwarmtewisselaars

K1010-12 Criteria bij de selectie: pijpenwarmtewisselaar of platenwarmtewisselaar

Bijlage 1. Voorbeeld output rekenmodel voor de prijsvergelijking pijpenwarmtewisselaars en platenwarmtewisselaars

PRIJSVERGELIJKING PIJPENWARMTEWISSELAARS EN PLATENWARMTEWISSELAARS

0838-0306
Prijspijs januari 2000

PIJPENWARMTEWISSELAARS								
Materiaal: mantel/pijpen	Invoer gebruiker	Systeem gebruikt	Prijs apparaat 1)	Installatie-factor	Prijs compleet geïnstalleerd apparaat 3)	Prijs apparaat 1)	Installatie-factor	Prijs compleet geïnstalleerd apparaat 3)
			NLG x 1000		NLG x 1000			EURO x 1000
VO:	m ²	100	100					
Staal/staal			70	2.0	139	32	2.0	63
Staal/RVS 316			115	1.7	194	52	1.7	88
RVS 316/RVS 316			134	1.6	216	61	1.6	98
Staal/CuNi			156	1.6	249	71	1.6	113
Staal/Hastelloy			374	1.2	457	170	1.2	207
1) Prijzen van pijpenwarmtewisselaars gebaseerd op: <ul style="list-style-type: none"> - TEMA type: BEM - Ontwerpdruk shell/tubes: < 10 bar - Tube OD/pitch/lay-out: 25.4 mm/32 mm/driehoek - Tube dikte: 14 BWG - Aantal tube passes: 2 - Opstelling: Horizontaal - Uitvoering: Zonder expansiebalg 								

PLATENWARMTEWISSELAARS								
Materiaal: mantel/pijpen	Invoer gebruiker	Systeem gebruikt	Prijs apparaat 2)	Installatie-factor	Prijs compleet geïnstalleerd apparaat 3)	Prijs apparaat 2)	Installatie-factor	Prijs compleet geïnstalleerd apparaat 3)
			NLG x 1000		NLG x 1000			EURO x 1000
VO:	m ²	100	100					
Staal/RVS 316			38	2.9	109	17	2.9	50
Staal/Titaan			66	2.0	132	30	2.0	60
Staal/Hastelloy			137	1.6	218	62	1.6	99
2) Prijzen van platenwarmtewisselaars gebaseerd op: <ul style="list-style-type: none"> - Frame materiaal: Staal - Plaatdikte: 0.6-0.8 mm - Pakkingmateriaal: Paratherm/temp. - Aantal aansluitbussen: 4 								

3) Prijzen van compleet geïnstalleerde apparaat is:
 Inclusief: Apparaat, montage, piping, instrumentatie, isolatie, bouwkundige voorzieningen en engineering
 Exclusief: Staalconstructie, electro en schilderwerk

Criteria bij de selectie: pijpenwarmtewisselaar of **K1010-13**
platenwarmtewisselaar

**Bijlage 2. Toelichting bij de diskette rekenmodel voor de
prijsvergelijking pijpenwarmtewisselaars en
platenwarmtewisselaars**

Algemeen

Voor theorie en achtergronden zie artikel

Invoercellen

Achtergrond: grijs

Letters: zwart (vet)

Foutmeldingen

Bij foutieve invoer wordt rechts naast de invoer de foutmelding ge-
toond

Prijspeil

Januari 2000

