(19) DANMARK

Patentdirektoratet
TAASTRUP

(12) **PATENTSKRIFT** (11) **171423 B1**

(21) Patentansøgning nr.: 0357/93 (51) Int.Cl.6 F 22 B 9/00

(22) Indleveringsdag: 26 mar 1993

(41) Alm. tilgængelig: 27 sep 1994

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 21 okt 1996

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: -

(73) Patenthaver: *Haldor Topsøe A/S; Nymøllevej 55; 2800 Lyngby, DK

(72) Opfinder: Henrik Otto *Stahl; DK

(74) Fuldmægtig: -

(54) **Spildevarmekedel**

(56) Fremdragne publikationer

---

(57) Sammendrag:

357-93

Spildvarmekedel omfattende indenfor en cylindrisk skal et antal varmevekslerrør med et indløb og et udløb; og

monteret på skallen, organer til indførelse af vand på rørenes skalside;

organer til at sende af en varm processtrøm fra rørenes indløb gennem rørene i indirekte varmeveksling med vand på rørenes skalside, for at producere damp og køle processtrømmen;

organer til udledning af produceret damp; og

organer til udledning af den kølede processtrøm, hvor rørene er anbragt i det mindste i to rørbundter hver forsynet med organer til indstilling af mængden og hastigheden af den varme processtrøm, der ledes til hvert rørbundt, for at styre produktion af damp og køle processtrømmen.

DK 171423 B1

Den foreliggende opfindelse angår genvinding af spildvarme fra kemiske processer, og nærmere bestemt en spildvarmekedel med forbedret styring af køleeffekten.

Spildvarmekedler anvendes almindeligvis til dampgenerering ved spildvarme fra varme processtrømme. Typisk er disse kedler designet som rørbundtsvarmeveksler med et stort antal varmevekslerrør anbragt indenfor en cylindrisk skal.

To grundtyper rørbundtsvarmevekslere anvendes i industrien. Dette er vandrørskedlen, hvor vand/dampblandingen strømmer gennem rørene, og ildrørskedlen, hvor den varmeafgivende processtrøm findes i rørene.

Kedlernes karakteristiske bestanddele er rørene anbragt i rørplader ved bunden og i toppen.

I ildrørskedlerne foregår dampproduktion på rørenes skalside ved indirekte varmeveksling med en varm processtrøm, der strømmer gennem rørene. Skalsiden er gennem et antal stigrør og faldrør forbundet til en overbeholder, som kan være monteret på toppen af kedlen.

Det mekaniske design og især dimensionering af de varmevekslende overflader i rørbundtsvarmevekslere er et særligt problem. Ved driften udsættes disse kedler for høje tryk på skalsiden og betragtelige temperaturforskelle mellem skal- og rørsiden, især ved høje tilsmudsnings- og korrosionsfaktorer i processtrømmene.

Kedler, hvori der behandles tilsmudsende og korrosive processtrømme, skal designes til en højere virkningsgrad end nødvendigt for at sikre tilfredsstillende levetider under aggresive driftsbetingelser. For at tilvejebringe en ønsket og i alt væsentligt konstant køleeffekt ved langtidsdrift skal den varmeoverførende overflade i kedelrørene tilpasses den forventede korrosions- og tilsmudsningsfaktor (fouling factor) i processtrømmen, og der kræves en passende styring for varmeoverføringen og temperaturen. Til dette formål er konventionelt designede

kedler udstyret med en omløbsledning bestående af et rør med stor diameter, som kan være anbragt indenfor eller udenfor kedelskallen.

Omløbsledningen er almindeligvis isoleret og forsynet med en gennemstrømningskontrolventil. Ved opstart og den tidlige drift sendes en del af den varme processtrøm udenom de varmeoverførende rør for at begrænse varmeoverføring til det ønskede niveau.

Efter en længere drifttid øges tilsmudsningen og korrosionen i rørene og mængden af den processtrøm, der sendes udenom de varmeoverførende rør reduceres for at tillade en større mængde processtrøm at passere gennem rørene, således at den ønskede køleeffekt bibeholdes. Hovedulempen ved det ovenfor anførte kedeldesign er en kraftig korrosion på metalliske overflader i omløbsledningen og gennemstrømningskontrolventilen, der begge kommer i kontakt med den ukølede processtrøm ved temperaturer helt op til 1000°C.

Det er formålet med opfindelsen at tilvejebringe en kedel af rørbundtsvarmevekslertype med forbedret varmeoverføring og temperaturstyring uden de ovenfor anførte ulemper.

Opfindelsen angår således en spildvarmekedel omfattende indenfor en cylindrisk skal et antal varmevekslerrør med et indløb og et udløb; og

monteret på skallen, organer til indførelse af vand på rørenes skalside;

organer til at sende en varm processtrøm fra rørenes indløb gennem rørene i indirekte varmeveksling med vand på rørenes skalside, for at producere damp og køle processtrømmen;

organer til udledning af produceret damp; og

organer til udledning af den kølede processtrøm.

Kedlen er ejendommelig ved, at rørene er anbragt i det mindste i to rørbundter hver forsynet med organer til indstilling af mængden og hastigheden af den varme processtrøm, der ledes til hvert rørbundt, for at styre produktion af damp og køle processtrømmen.

Ved dette kedeldesign kontrolleres varmeoverføringen gennem en passende fordeling af den varme processtrøm mellem de enkelte rørbundter. Ved en reduceret mængde af processtrømmen gennem rørene i et rørbundt øges strømningshastigheden gennem rørene i det andet rørbundt tilsvarende, når mængden af processtrømmen gennem kedlen er konstant. En forøget massehastighed af processtrømmen medfører en øget varmeoverføring. Ved at fordele den varme processtrøm i forskellige mængder til de enkelte rørbundter er det muligt at kontrollere varmeoverføring og temperaturen i den udgående processtrøm og damp.

Fordelingen af den indkomne processtrøm mellem de enkelte rørbundter og gennem rørene styres typisk ved en kontrolventil i et udløbskammer, der er koblet til bundterne på udløbssiden.

I modsætning til konventionelt kedeldesign med et isoleret omløbsrør undgås ved kedlerne ifølge opfindelsen kraftig korrosion på metalliske overflader i rørene og ventilerne, hvor overfladerne kommer i berøring med ikke kølet processtrøm ved høje temperaturer. Metalliske overflader i rørene og ventilerne i kedlen ifølge opfindelsen bestryges derimod kun af kølet processtrøm ved lavere temperaturer efter varmeveksling med vand/damp på rørenes skalside.

Ved en foretrukken udførelsesform indeholder hvert rørbundt et varieret antal rør. Herved opnås både en hastighedsstyring og indstilling af det varmeoverførende areal, hvilket medfører en præcisere temperaturkontrol i disse kedler.

Alternativt kan rørbundterne også være forsynet med rør af forskellig diameter i de forskellige bundter. Temperaturkontrol udøves i sådan en kedel ved at lede den varme processtrøm i forskellige mængder til bundter med rør af forskellige rørdiameter. Rørene med mindre diameter har en højere varmeoverføringskoeffient og tilvejebringer således en mere effektiv køling af processtrømmen. Dette skyldes den øgede strømningshastighed gennem rørene med mindre diameter.

Ved passende indstilling af mængden af den varme processtrøm, der sendes til hvert enkelt bundt, er det muligt at tilpasse varmeoverføring til skiftende tilsmudsnings- og belastningsniveauer af kedlen uden at udsætte metalliske overflader i rør og ventiler for høje temperaturer, som forårsager kraftig korrosion i kedlen.

De ovenfor anførte træk og fordele ved opfindelsen forklares nærmere i den følgende detaljerede beskrivelse af en specifik udførelsesform for opfindelsen.

En spildvarmskedel af rørbundtsvarmevekslertype ifølge opfindelsen, er forsynet med to rørbundter indeholdende rør med forskellig diameter i hvert bundt, og et gennemstrømningskontrolsystem i form af en styringsventil i et udgangskammer, anbragt ved rørenes udløb. Kedlen drives ved en beregningsmodel på 449.782 Nm^3/h reformet gas med en indgangstemperatur på 950°C. Kedlen er udstyret i et første rørbundt med 150 rør med en ekstern diameter på 7,62 cm (3 inch) og en længde på 5,5 m som er monteret omkring skallens akse, og et andet rørbundt med 450 rør med en ekstern diameter på 5,08 cm (2 inch) og en længde 5,5 m monteret koncentrisk omkring det første rørbundt.

Udgangstemperaturen i den kølede processtrøm fra hvert rørbundt og i den samlede kølede processtrøm fra begge bundter ved forskellig mængdefordeling til de to rørbundter er vist for tilsmudsningsfaktorer på 0 og $6 \cdot 10^{-4}$ i Tabel 1, henholdsvis Tabel 2.

TABEL 1

Tilsmudsningsfaktor §		0.0000								
450 rør 2" 5,5 m	Gennemstrømningsmængde	100%	90%	80%	70%	50%	30%	20%	10%	0%
	t_{ud}	487	481	474	466	448	423	405	379	
150 rør 3" 5,5 m	Gennemstrømningsmængde	0%	10%	20%	30%	50%	70%	80%	90%	100%
	t_{ud}		476	516	541	573	595	605	613	620
Blandet gas		487	480	482	488	510	543	565	590	620

§ tillægsmodstand ved varmegennemgang gennem isolerende aflejringer på rørene med enheden $m^2s \cdot °c/j$

DK 171423 B1

TABEL 2

Tilsmudsnings-faktor §		0.0006								
450 rør 2" 5,5 m	Gen-nem-strøm-nings-mængde	100%	90%	80%	70%	50%	30%	20%	10%	0%
	t_{ud}	556	545	532	519	488	448	422	387	
150 rør 3" 5,5 m	Gen-nem-strøm-nings-mængde	0%	10%	20%	30%	50%	70%	80%	90%	100%
	t_{ud}		491	542	576	622	655	668	680	691
Blandet gas		556	540	534	536	555	592	619	651	691

§ tillægsmodstand ved varmegennemgang gennem isolerende aflejringer på rørene med enheden $m^2s \cdot °c/j$

DK 171423 B1

Som det fremgår af tabellerne, kan temperaturen i processtrømmen reguleres ved at fordele den varme indgangsstrøm i forskellige mængder til det første og det andet rørbundt. Sendes eksempelvis 10% af den varme strøm gennem rørene med en mindre diameter og resten gennem rørene med en større diameter ved betingelser, hvor kedlen ikke er tilsmudset, opnås en udgangstemperatur på 590°C i den kølede processtrøm. Ved ændrede tilsmudsningsbetingelser, f.eks. ved at øge tilsmudsningsfaktoren til $6 \cdot 10^{-4}$, skal strømmængden gennem rørene med mindre diameter hæves til 30% for at opnå udgangstemperaturen på 590°C.

Temperaturstyringen opnås således uden at udsætte metalliske overflader i kedlen for høje temperaturer som forårsager kraftig korrosion.

PATENTKRAV

1. Spildvarmekedel omfattende indenfor en cylindrisk skal et antal varmevekslerrør med et indløb og et udløb; og

monteret på skallen, organer til indførelse af vand på rørenes skalside;

organer til at sende en varm processtrøm fra rørenes indløb gennem rørene i indirekte varmeveksling med vand på rørenes skalside, for at producere damp og køle processtrømmen;

organer til udledning af produceret damp; og

organer til udledning af den kølede processtrøm, **kendetegnet ved**, at rørene er anbragt i det mindste i to rørbundter hver forsynet med organer til indstilling af mængden og hastigheden af den varme processtrøm, der ledes til hvert rørbundt, for at styre produktion af damp og køle processtrømmen.

2. Spildvarmekedel ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at organerne til fordeling af den varme processtrøm omfatter kontrolventiler i udgangskamre, der er koblet til hvert rørbundt ved udløbet af rørene.

3. Spildvarmekedel ifølge krav 1 eller 2, **kendetegnet ved**, at rørbundterne indeholder forskellige antal rør.

4. Spildvarmekedel ifølge krav 1 eller 2, **kendetegnet ved**, at rørene i de forskellig bundter har forskellig diameter.

5. Spildvarmekedel ifølge krav 1, **kendetegnet ved**, at rørbundterne er forsynet med forskellig antal rør med forskellig diameter i de forskellige rørbundter.