

Anvendelse af elforzinkede stålør samlet med presfittings i varme og kølesystemer

Indledning

Formålet med skrivelsen er, at give bygherrer, rådgivere og udførende et overblik over, hvor tyndvæggede elforzinkede stålør samlet med presfittings må anses for at være et egnet rørmateriale. Skrivelsen er ikke at opfatte som en komplet vejledning for valg af materialer.

I vurderingen lægges vægt på en vurdering af materialernes bestandighed i relation til det kemiske og driftsmæssige miljø i varme- og kølesystemer, herunder vandbehandling f.eks. i form af hævet pH-værdi (suhedsgrad) eller almindeligt tilsatte kemikalier.

Skrivelsen omfatter en beskrivelse af de almindelige korrosions- og nedbrydningsmekanismer, der må anses for karakteristiske i de omtalte systemer. Endvidere vil de enkelte systemers opbygning og drift blive gennemgået, for at belyse de principielle forskelle.

Korrosion og nedbrydning af materialer i vandige miljøer er en ganske omfangsrig disciplin, og man kan støde på mange specialtilfælde. Det er derfor valgt at fokusere på opbygning og driftsforhold, som kan betegnes som almindelige. Afvigelser herfor fordrer særskilt stillingtagen.

Skrivelsen omfatter ikke en vurdering af generelle mekaniske egenskaber for rør og presfittings. Det er vor vurdering, at anvendelse af presfittings for samling af stålør må anses for afprøvet teknologi, hvor de installationstekniske og mekaniske forhold er kendt.

Tyndvæggede stålør samlet med presfittings

Tyndvæggede rør samlet med presfittings finder øget anvendelse i installationsbranchen. En af årsagerne til den øgede anvendelse er formentligt, at samlingsmetoden medfører kortere installationstid, samtidigt med at man beholder fordelene ved traditionelle metalliske rørmaterialer.

I Danmark har tyndvæggede rør samlet med presfittings været anvendt siden midten af 1980'erne i form af rustfrie stålør til brugsvandsinstallationer, og i Tyskland har det i en længere periode været almindeligt, at kobberrørsinstallationer er udført med samlinger i form af presfittings.

I de senere år er der efterhånden dukket en del produkter op, som ikke egner sig til brugsvandsinstallationer, men som primært retter sig mod tekniske installationer for olie, gas, køl og varme. En af denne type produkter er tyndvæggede stålør (kulstofstål) samlet med presfittings.

I det følgende vil vi alene kigge på anvendelse af tyndvæggede rørsystemer i vandbårne systemer, hvilket primært kan afgrænses til varmesystemer og kølesystemer.

Vurderingerne går væsentligt på bestandighed, og det gælder derfor generelt, at leverandørens specifikationer for anvendelse, montering, temperatur og tryk skal overholdes uanset anbefalinger i indeværende skrivelse.

Vi har baseret vores vurdering på produktet VSH Press – Forzinket, som forhandles af BROEN A/S i Danmark. Vurderingerne er dog ikke mere specifikke, end at de også vil kunne anvendes på lignende produkter af andet fabrikat.

Generelt om VSH Press – Forzinket

VSH Press – Forzinket er et system bestående af tyndvæggede stålør i dimensionerne 15 – 108 mm med tilhørende presfittings.

Rør og presfittings er pålagt et tyndt lag zink ved elforzinkning. Zinklagets funktion er væsentligst af æstetisk karakter, men medvirker også i nogen grad til udvendig korrosionsbeskyttelse i ikke fugtige omgivelser. Hvis der er mulighed for udvendig fugtpåvirkning, skal der suppleres med yderligere korrosionsbeskyttelse.

I modsætning til varmforzinkning, hvor zinklaget påføres stål ved neddykning i en zinksmelte, påføres zinklaget på VSH-Press – Forzinket ved elforzinkning. Ved elforzinkning pålægges zinklaget ved hjælp af en elektrolytisk proces. Tykkelsen af zinklaget vil typisk variere fra 4-12 μm . Til sammenligning påføres der ved varmforzinkning typisk over 80 μm zink.

Elforzinkning er ikke i væsentlig grad i stand til at påføre zink indvendigt i rør og fittings. Således vil der kun være zink på indersiden i rør, svarende til ganske få rørdiametre. For fittings kan det godt lade sig gøre at påføre zink på indersiden, men lagtykkelsen vil under alle omstændigheder være mindre end på ydersiden.

Generelt kan anvendelsen af elforzinkede rør betragtes som anvendelsen af ubehandlede kulstofrør (rør af "sort stål"). Da zink på den vandberørte del af rørsystemet begrænser sig til områder i og omkring samlinger, og da zinklaget her er ganske tyndt, får det ikke praktisk betydning for anvendelsen af rørsystemet. Rørsystemet kan således godt anvendes i systemer, hvor man traditionelt ikke har ønsket at anvende varmforzinkede stålør, f.eks. i centralvarmesystemer med konditioneret fjernvarmevand og i kølesystemer med glykol/vand blandinger.

Samlinger af VSH-Press – Forzinket udføres som pressamlinger, hvor tætheden opnås ved hjælp af en O-ring af EPDM gummi. EPDM gummi er relativt bestandigt materiale og kan anvendes i både varmesystemer og kølesystemer, således også i systemer hvor mediet består af glykol/vandblandinger. I systemer hvor der tilsættes kemikalier for vandbehandling, må det anbefales at foretage en særskilt vurdering. Bemærk at EPDM gummi er almindeligt anvendt i motorkølesystemer, hvor glykol/vand blandingen typisk er tilsat en række af de mest almindeligt anvendte korrosionsinhibitorer.

Godstykkelsen af tyndvæggede stålør, således også VSH-Press – Forzinket, er reduceret i forhold til godstykkelsen af traditionelt anvendte stålør, f.eks. middelsvære rør efter DIN 2440/ISO 65. Den reducerede godstykkelse betyder, at rørene bedst egner sig til systemer, hvor man under normal drift kan antage, at korrosion fra indersiden er meget begrænset. I systemer hvor man må påregne løbende eller lejlighedsvis korrosion, bør tyndvæggede rør ikke anvendes. Derfor er en vigtig del af materialevalget at forstå, hvilke korrosionsforhold man kan forvente i det system, hvor rørsystemet ønskes anvendt.

I nedenstående skema er der vist en oversigt over, hvor vi vurderer, at tyndvæggede stålør må anses for egnede.

System	Egnethed
Brugsvandssystemer (drikkevandsinstallationer)	--
Varmesystemer	
Centralvarmesystemer	++
Fjernvarmesystemer (distributionsnet)	--
Kølesystemer	
Once through kølesystemer	--
Åbent system med fordampningskøling	--
Lukket cirkulerende system med iltadgang	-/+
Lukket cirkulerende system uden iltadgang (med og uden glykol)	++

++ : Eget; + : kan anvendes; - : Bør ikke anvendes; -- : Uegnet

Ovenstående skema skal alene opfattes som en generel vejledning. Det vil sige, at i tilfælde hvor anlæg afviger fra normalen enten i konstruktion, vandsammensætning eller drift, bør der foretages en særskilt vurdering for materialevalg.

En nærmere gennemgang af de enkelte systemer findes længere fremme i skrivelsen.

Korrosion

Korrosion af metaller i vandssystemer foregår ved en kemisk reaktion mellem metal og opløst ilt i vandet.

Reaktionen kan grundlæggende opskrives på følgende form:



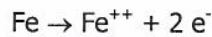
Den totale reaktion kan opdeles i to delreaktioner kaldet anodereaktion og katodereaktion:

- Anodereaktion: Opløsning af metal
- Katodereaktion: Iltreduktion

Ved anodereaktionen afgiver det enkelte metalatom en eller flere elektroner, hvorved metallet går i opløsning og findes som metalion. For at metalatomet kan afgive en eller flere elektroner, skal der sideløbende forløbe en proces, som er i stand til at optage elektroner. Denne proces kaldes som nævnt katodereaktionen og er i praksis næsten altid reduktion af opløst ilt til hydroxid (base).

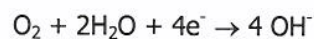
Ved en korrosion af jern i iltholdigt vand ser reaktionerne ud som følger:

Anodereaktion



Fe er den kemiske betegnelse for jern på fast form, mens Fe^{++} er betegnelsen for jern på ionform efter at jernatomet har afgivet to elektroner (e^{-}).

Katodereaktion



O_2 er den kemiske betegnelse for ilt og H_2O er betegnelsen for vand. Ilt og vand reagerer med hinanden under optagelse af 4 elektroner, hvorved der dannes hydroxid (base).

Den totale reaktion er

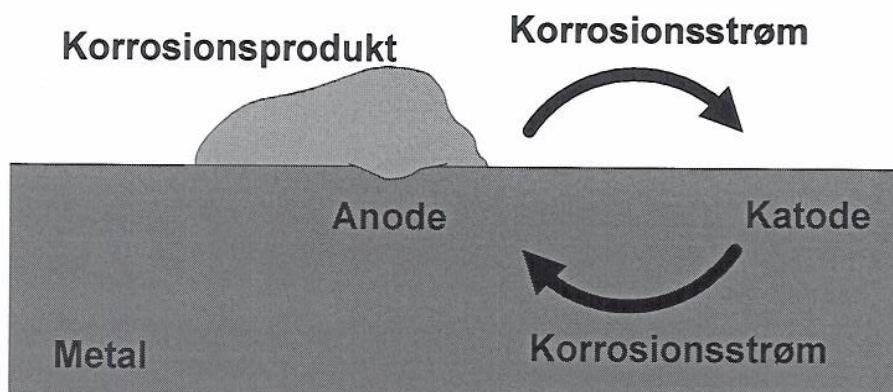


Den dannede ferrohydroxid kan iltes videre til andre forbindelser (korrosionsprodukter), især

Fe_3O_4 (magnetit) og $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ (vandholdig ferrihydroxid, alm. rust).

Meget ofte vil opløste metalioner også reagere med andre stoffer i vandet og danne faste stoffer (korrosionsprodukter), der fælder ud på metaloverfladen eller giver anledning til dannelse af løse partikler. For zinks vedkommende består korrosionsprodukterne f.eks. normalt væsentligst af basiske zinkkarbonater. Zinks korrosionsprodukter er i modsætning til rød rust hvide, hvorfor de ofte fejlagtigt forveksles med kalkbelægninger.

Udvekslingen af elektroner mellem anode og katode som vist på figur 1.



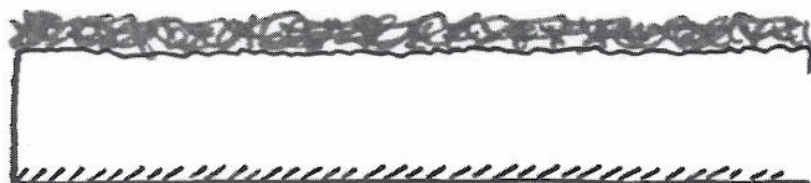
Figur 1: Strøm kredsløb ved grubetæring på stål i havvand.

Som det kan ses af figur 1, er udvekslingen af elektroner mellem anoden og katoden det samme som et elektrisk kredsløb. En forløbende korrosionsproces er altså i virkeligheden det samme som et lille batteri, hvor der løber en strøm. Spændingsforskellen mellem de to elementer (anoden og katoden) kaldes i fagsprog for korrosionspotentialet. Korrosionspotentialet der måles i mV giver et mål for den drivende kraft for korrosionsprocessen.

Korrosionsformer

Generel korrosion

Generel korrosion er en korrosionsform, hvor metalopløsningen foregår relativt jævnt fordelt på overfladen. I iltholdigt vand vil generel korrosion af stål typisk foregå med en korrosionshastighed på 50 – 200 μm om året, men både væsentligt lavere og højere korrosionshastigheder kan forekomme afhængigt af temperatur og vandkvalitet.

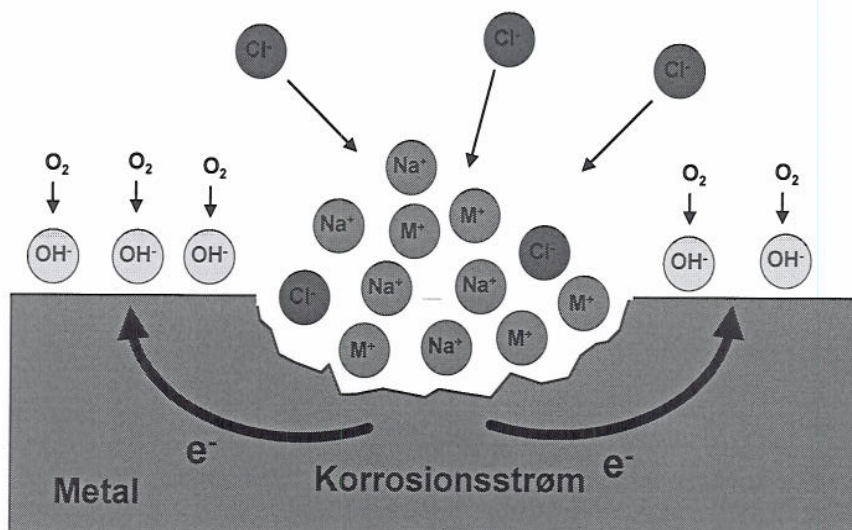


Principskitse af generel korrosion på stål.

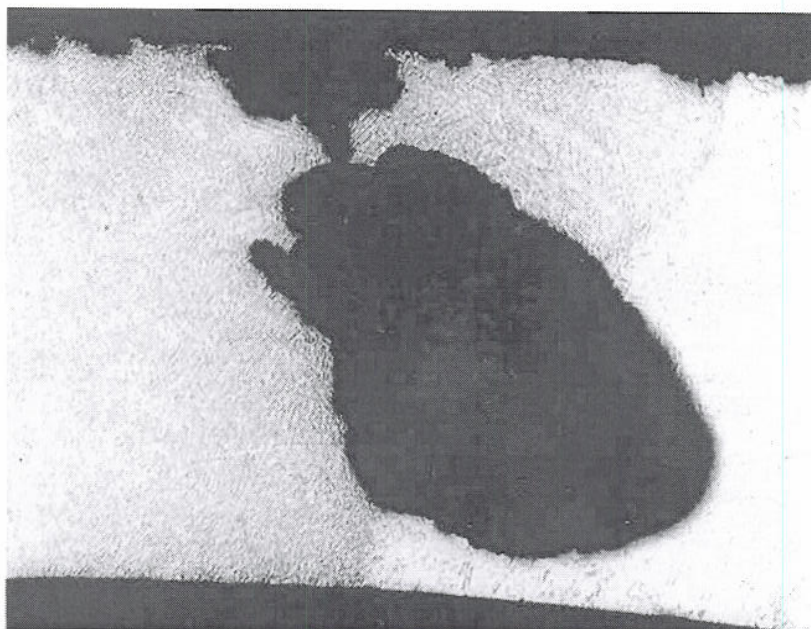
Grubetæring og pittingkorrosion

Ved grubetæring er katode- og anodeområdet stationære. Anodeområdet er mindre end katodeområdet, og derfor bliver metalopløsningen meget stor, og kan forårsage gennemtæring af metallet i løbet af kort tid (få uger).

På figur 3 er der vist en principskitse for grubetæring.



Figur 3: Principskitse for grubetæring.



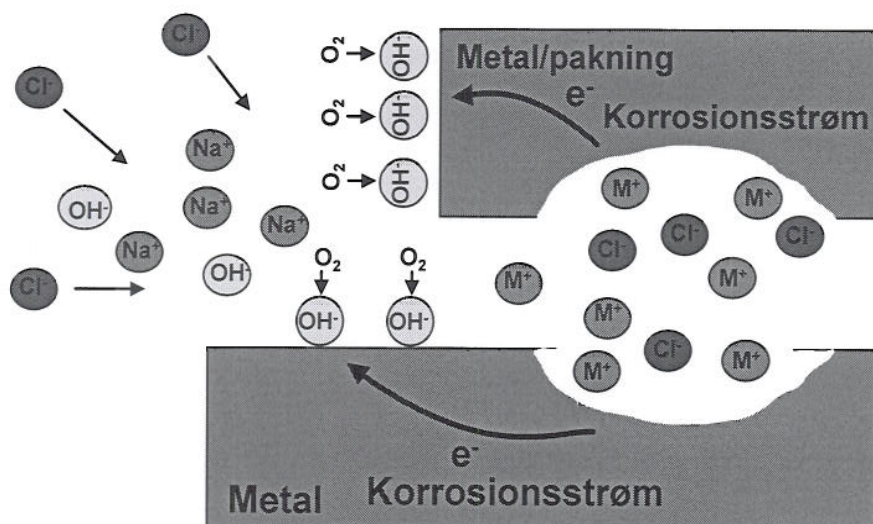
Figur 4: Tværsnit af grubbetæring i rustfrit stål. Godstykkelse 1,5 mm.

Spaltekorrosion og tildækningskorrosion

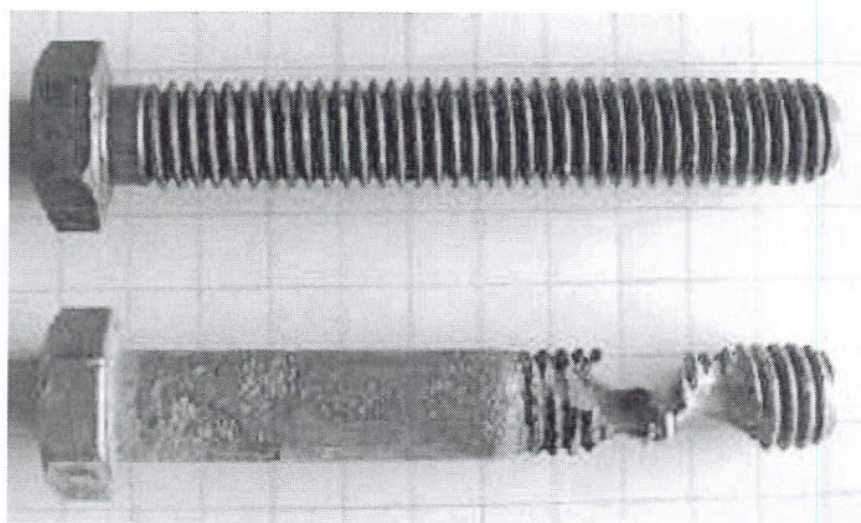
Spaltekorrosion har mange lighedspunkter med grubbetæring. Anodereaktionen ved denne korrosionsform foregår lokalt i en spalte. Spalten kan være dannet af to metalflader, eller mellem metal og et ikke metallisk materiale, eksempelvis pakningsmateriale. Initieringen af spaltekorrosion sker ved at iltindholdet i spalten reduceres. I det iltfattige miljø i spalten kan katodereaktionen ikke foregå, men vil i stedet foregå på de fri metaloverfald. Anodereaktionen i spalten vil bevirke, at aggressive ioner fra vandet vil tiltrækkes, og forøge vandets aggressivitet i spalten. Spaltekorrosion er altså i lighed med grubbetæring en autokatalytisk proces, og samme høje korrosionshastigheder kan opleves.

En afart af spaltekorrosion er tildækningskorrosion, hvor spalten udgøres af aflejrede partikler, f.eks. i bunden af vandrette rør.

På figur 5 er udviklingen af spaltekorrosion skematisk vist.



Figur 5: Udvikling af spaltekorrosion.



Figur 6: Spaltekorrosion af bolt

Galvanisk korrosion (bimetallisk korrosion)

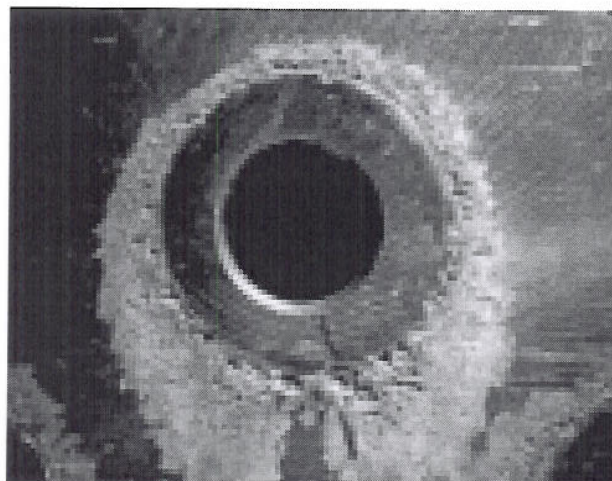
Metaller i vand vil indstille sig på et potentiale, der er et udtryk for deres ædelhed.

I tabel 1 er den galvaniske serie for nogle af de mest hyppigt anvendte metaller vist.

	<i>Metal</i>	Metal – metalion ligevægt	Elektrode potentiale V vs SHE
Ædel ↑ ↓ Uædel	<i>Guld</i>	Au – Au³⁺	+ 1.498
	Sølv	Ag – Ag⁺	+ 0.799
	<i>Kobber</i>	Cu – Cu²⁺	+ 0.337
	Nikkel	Ni – Ni²⁺	- 0.250
	Jern	Fe – Fe²⁺	- 0.440
	Krom	Cr – Cr³⁺	- 0.744
	Zink	Zn – Zn²⁺	- 0.763
	Aluminium	Al – Al³⁺	- 1.662
	Magnesium	Mg – Mg²⁺	- 2.363

Tabel 1: Galvanisk spændingsrække for hyppigt anvendte metaller.

Ved kontakt mellem to forskellige metaller vil det uædle metal korrodere, mens det ædle metal bliver beskyttet. Ved kontakt mellem for eksempel jern og kobber vil jern korrodere, mens kobber er beskyttet.



Figur 7: Galvanisk korrosion under bolt

Varmesystemer

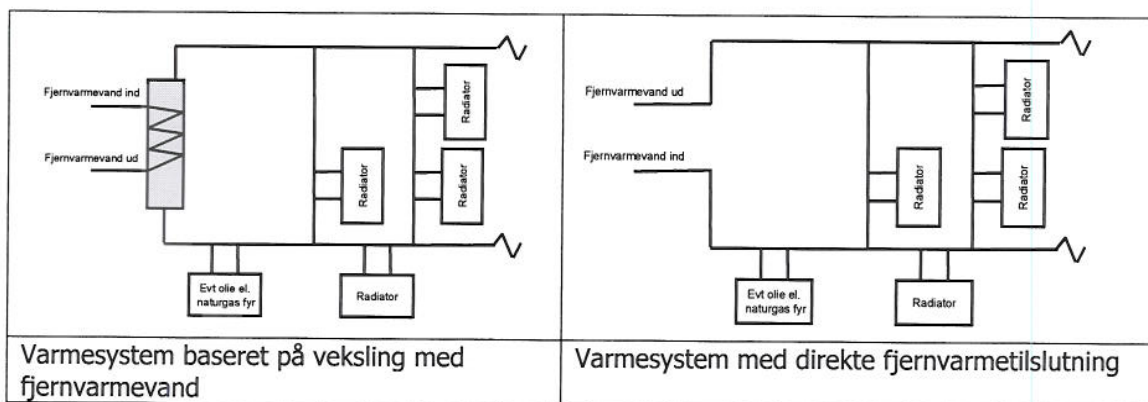
Varmesystemer er anlæg, som har til formål at transportere varmeenergi fra et sted til et andet. Til at transportere varmen bruges et varmebærende medie, som enten kan være en gas (f.eks. luft) eller en væske.

De systemer som vi vil kigge nærmere på, er varmesystemer der anvender vand som det primære varmebærende medie. Endvidere vil vi fokusere på de mindre anlæg, som typisk anvendes i bygninger. Typiske mindre vandbårne varmesystemer er centralvarmesystemer og mindre industrielle varmesystemer. For nemheds skyld anvender vi i resten af afsnittet ordet centralvarmesystem for alle mindre varmesystemer.

De store varmesystemer som f.eks. fjernvarmesystemer og varmegenvindingsanlæg på kraftværker o.lign. er principielt opbygget på samme måde som centralvarmesystemer, men da der typisk anvendes meget store rørdimensioner og i nogen tilfælde også højere tryk og temperatur, er de store systemer ikke af væsentlig interesse i forhold til anvendelsen af tyndvæggede stålør.

I centralvarmesystemer produceres varmeenergien typisk vha. olie eller naturgas fyr, eller varmen overføres ved en varmeveksling med fjernvarmevand. I mange tilfælde er det dog valgt at undlade varmevekslingen således, at fjernvarmevand transporteres helt ud til de enkelte forbrugssteder (radiatorer).

De to typer af varmesystemer er skitseret i nedenstående figurer.



Figur 2: Typer af varmesystemer

Drift og vandkvalitet i varmesystemer

Centralvarmesystemer opbygges som lukkede, tryksatte systemer uden iltadgang, hvilket blandt andet betyder, at vandudskiftningen i systemerne er ganske lille. Det gælder også for systemer med direkte fjernvarmetilslutning, idet fjernvarmesystemet er opbygget efter samme princip som centralvarmesystemet.

I centralvarmesystemer er ilt den helt afgørende faktor for korrosionen, og en sikring imod u hensigtsmæssig iltindtrængning er derfor nødvendig for at undgå gennemtæringer af rør og fittings.

I anlæg med stålør og/eller stålradia torer vil den ilt der findes i det oprindeligt påfyldte vand relativt hurtigt opbruges til generel korrosion af ståldelene og korrosionsprocesserne vil herefter gå i stå.

Korrosionsskader i centralvarmesystemer forekommer primært i form af grubetæring, spaltekorrosion og galvanisk korrosion. Væsentlige korrosionsproblemer ses dog sjældent, og når de alligevel forekommer, skyldes det altid at systemet af en eller anden grund ikke har været sikret mod u hensigtsmæssig iltindtrængning. Iltindtrængning i centralvarmesystemer skyldes næsten altid en af følgende faktorer:

- Lokalt undertryk i anlægget f.eks. på sugesiden af pumper eller på højtliggende steder i rørsystemet.
- U hensigtsmæssigt stort forbrug af spædevand.
I korrekt dimensionerede systemer bør der under normal drift ikke være behov for spædning mere end 1-2 gange om året.
- Anvendelse af åben trykspansionsbeholder.
I mindre anlæg bør man altid anvende trykspansionsbeholder med membran, og trykspansionen bør placeres på en selvstændig afgrening fra det cirkulerende system.
- Anvendelse af plastrør uden iltpærre.

Når cirkulationsvandet bliver iltholdigt, vil aggressiviteten af vandet være styret af andre parametre i vandet, såsom ledningsevne/saltindhold og pH-værdien i systemet.

Vandkvaliteten i varmesystemet er meget afhængig af hvilken vandkvalitet der er blevet anvendt til opfyldning, samt hvilken vandkvalitet der anvendes til spædning til systemet.

I centralvarmesystemer anvendes ofte almindelig råvand/brugsvand til opfyldning, men opfyldning og spædning kan også ske med blødgjort vand. Forskellen mellem almindelig råvand og blødgjort vand er udelukkende, at kalken i det blødgjorte vand er fjernet ved ionbytning. I varmesystemer med påfyldt blødgjort vand vil der derfor ikke ske en udfældning af kalk, men aggressiviteten af råvand og blødgjort vand er praktisk talt ens.

På systemer med indirekte varmeveksling med fjernvarmevand kan det også vælges at tage spædevand fra fjernvarmesystemet. Set ud fra et korrosionsmæssigt synspunkt er dette ofte en fordel, da fjernvarmevandet ved ankomst til veksleren ofte har et lavt iltindhold og en forhøjet pH-værdi, der er fordelagtigt for dannelsen af beskyttende belægninger på stålrør. Ydermere er cirkulationsvandet i fjernvarmesystemet normalt af en generelt bedre kvalitet end råvand/blødgjort vand, idet der ofte bliver brugt vand med et lavt saltindhold (omvendt osmose vand eller total afsaltet vand) i selve fjernvarmesystemet.

Materialevalg

Som beskrevet er cirkulationsvandet i centralsystemer ved korrekt drift iltfrit. Det iltfrie cirkulationsvand betyder at de fleste metalliske materialer umiddelbart kan anvendes, og at materialerne kan kombineres uden væsentlig risiko for forøget korrosion (bimetallisk korrosion).

Traditionelt har rørsystemet i centralvarmesystemer primært været udført af stålrør ("sort" stål) eller plastrør med iltpærre. Ventiler og fittings er normalt udført af messing, mens selve varmeoverføringen ved forbrugsstedet normalt er udført af stål (radiatorer) eller af kobber, f.eks. kobberrør med aluminiumsfiner.

Elforzinkede, tyndvæggede stålrør samlet med presfittings må anses for egnet som rørmateriale i centralvarmesystemer. I samlinger med fittings af kobberlegeringer (messing og rødgod) bør anvendes presfittings med gevind-overgangsstykke for at opnå forøget godstykkelse i samlingen.

Kølesystemer

Indledning

Vandbårne kølesystemer finder stor anvendelse i industrien. Anlægsstørrelserne strækker sig fra mindre klimaanlæg, hvor den overførte effekt er få kilowatt, til store turbinekøleanlæg, hvor den overførte effekt er i megawatt størrelsen.

Blandt industrier med et stort kølebehov kan nævnes; slagterier, mejerier og bryggerier, men også køling af kontorhuse, varehuse og hospitaler er et omfattende område.

Litteraturen omkring kølesystemer har primært været rettet imod valg af kølemedie og den korrekte opbygning af et kølesystem.

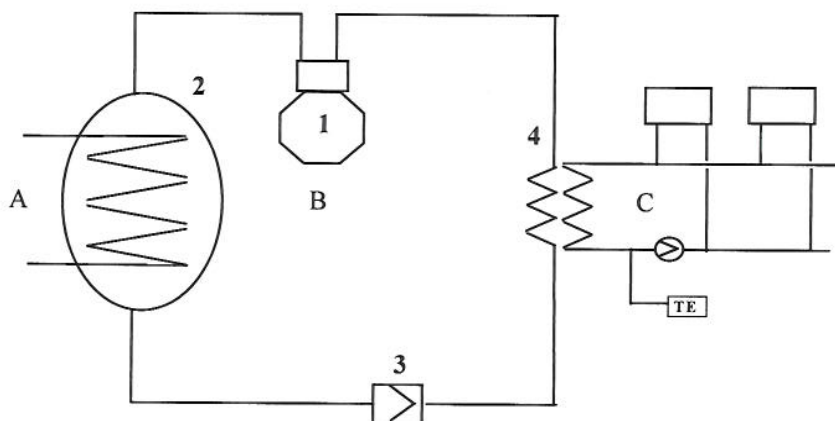
I dette afsnit vil der blive fokuseret på driften af kølesystemet, og behandlingen af vand i kølesystemet vil ligeledes blive omhandlet.

Interaktionen mellem vand og komponenterne i kølesystemet kan give anledning til en række driftsproblemer i form af korrosion, bakterievækst og belægninger i systemet. Dette kan bevirke en reduktion i levetiden af anlægget og dermed en forøgelse af driftsudgifterne. Endvidere er det denne interaktion der afgør, hvilke materialer der kan anvendes.

I de følgende afsnit vil tre hovedtyper af køleanlæg blive gennemgået. Det vil blive påpeget, hvor der kan opstå korrosions- og belægningsproblemer, og hvorledes disse kan imødegås.

1. Anlægsbeskrivelse

I nedenstående figur er et kølesystem skitseret.



- 1: Kompressor
- 2: Kondensator
- 3: Termoventil
- 4: Køleflade

Figur 8: Skitse af kølesystem

Som det fremgår af figur 8, er der mindst tre cirkulerende systemer i et kølesystem.

- A: Kølevand til kondensator
- B: Kølemiddel
- C: Transport af kulde til forbruger

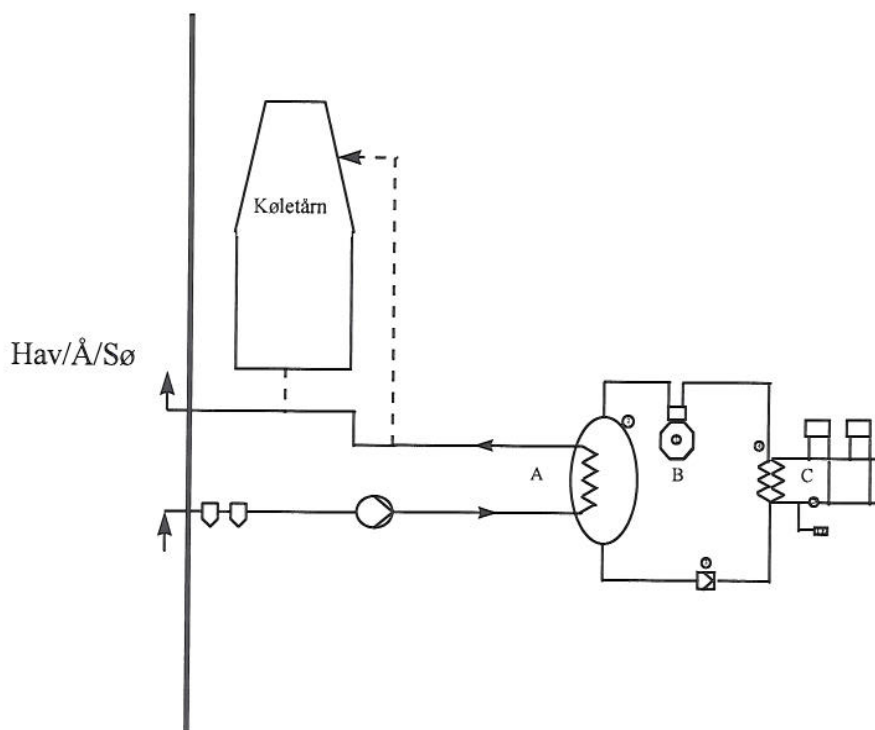
Det cirkulerende medie i kredse B og C kan afhængigt af behov, formål, fabrikat m.v. være et af en lang række kølemidler, f.eks. ammoniak, freon, brine, vand/isblandinger.

I kredse A er det normalt, at vand af forskellig kvalitet cirkuleres. Her vil opmærksomheden primært være rettet imod kvalitetskravene til vandet i denne kredse.

Kondensator-kølekredsen (A) kan være udformet på de tre følgende måder:

- Once through køling m/u køletårn
- Cirkulerende åbne kølesystemer
- Cirkulerende lukkede kølesystemer (med og uden iltadgang).

Once through køling m/u køletårn



Figur 9: Once through køling m/u køletårn

I et once through kølesystem tilføres kølevandet fra en ekstern vandresource; hav, å eller sø. Efter en enkelt cirkulation i kølesystemet ledes kølevandet tilbage til den eksterne vandresource. I Danmark har once through kølesystemer traditionelt været anvendt til store anlæg i kystnære områder, typisk kraftværker og større industri, men i de senere år er systemerne blevet mere almindelige i mindre skala, f.eks. hjælpesystem til komfortkøling.

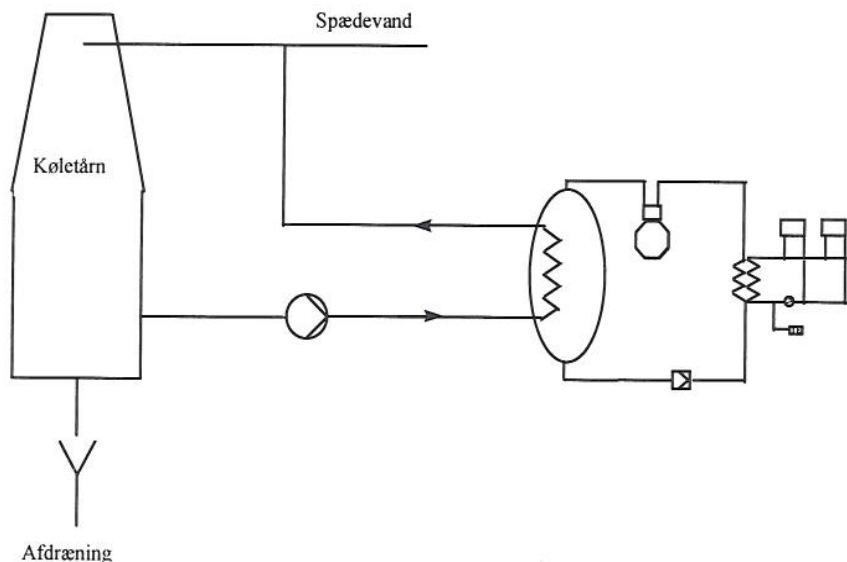
I nogle once through kølekredse er det ofte nødvendigt at foretage en yderligere køling med luft, inden vandet ledes til den eksterne vandresource. Dette skyldes den forhøjede temperatur af kølevandet, der vil skade udledningsområdet.

Da vandet, som nævnt ovenfor, ledes tilbage til det eksterne miljø, er mulighederne for kemikalietilsætning til kølevandet for en reduktion af korrosion af systemet begrænset. De kemikalier der anvendes til at reducere korrosionen i kølesystemet, vil ofte have en miljøskadelig effekt, hvis de udledes i miljøet. Yderligere er kølevandsmængden og dermed behovet for kemikalier ofte så stort, at behandling af vandet ikke er økonomisk forsvarligt. Vandbehandlingen i once through kølesystemer begrænser sig derfor oftest til en filtrering af indtagsvandet, for at reducere vandets indhold af faste partikler. Eventuelt suppleres med stødvis dosering af biocid, typisk i form af chlorering af indtagsvandet.

Materialevalg

Indtagsvandet i once through kølesystemer er som udgangspunkt altid iltmættet, hvorfor de materialer der anvendes skal være korrosionsbestandige eller være udført i dimensioner, der tillader korrosion. Af samme årsag er tyndvægge stålør uegnet som rør i once through kølesystemer.

1.2 Cirkulerende åbent kølesystem med fordampningskøling



Figur 10: Åbent kølesystem med fordampningskøling

I et åbent kølesystem cirkulerer vandet flere gange i systemet. Herved opnås en bedre udnyttelse af vandets køleeffekt.

Der er et kontinuert vandtab i dette kølesystem, da der sker fordampning og medrivning af vand fra køletårnet. Yderligere er det nødvendigt kontinuert at afdræne kølesystemet for at begrænse opkoncentreringen af salte samt anden forurening

Cirkulationsvandet i åbne kølesystemer med fordampningskøling vil altid være iltmættet, hvorfor rørmaterialer enten skal vælges så de er fuldt korrosionsbestandige eller cirkulationsvandet skal behandles så korrosion forhindres.

Mængden af vand, som udledes fra et åbent kølesystem til det omgivende miljø, er begrænset i forhold til den totale recirkulerende mængde. Dette danner baggrund for, at en behandling af vandet i det cirkulerende åbne kølesystem er både miljømæssig forsvarligt og økonomisk attraktivt når det tages i betragtning, at materialer der ellers ville være uanvendelige pga. korrosion kan anvendes til rør og fittings.

Behandling af kølevand i et åbent kølesystem med fordampningskøling omfatter generelt:

- Rensning af spædevandet til systemet.
- Rensning af en delstrøm af det cirkulerende kølevand.
- Tilsætning af vandbehandlingskemikalier f.eks. hårdhedsstabilisatorer, dispergeringsmidler, korrosionsinhibitorer og mikrobiocider.

Behovet for rensning af spædevand varierer meget, men typisk vil man som minimum foretage blødgøring af vandet eventuelt suppleret med en forfiltrering. Blødgøring er en ionbytningsproces, hvor vandets indhold af calcium og magnesium fjernes fra vandet. Egentlig afsaltning af spædevandet, enten ved ionbytning eller gennem et omvendt osmosefilter, er også almindeligt og kan ofte anbefales.

Delstrømsrensning af det cirkulerende kølevand begrænser sig ofte til filtrering, men også blødgøring og egentlig afsaltning kan foretages på cirkulationsvandet.

Tilsætning af kemikalier, der forbedrer vandkvaliteten i systemet og formindsker korrosionen i systemet, er næsten altid nødvendigt i åbne kølesystemer med fordampningskøling.

De kemiske stoffer som typisk anvendes i åbne systemer med fordampningskøling kan kategoriseres indenfor nedenstående grupper:

- Hårdhedsstabilisatorer
Kemiske stoffer der har til formål at reducere udfældning og belægningsdannelse.
- Dispergeringsmidler
Kemiske stoffer der har den egenskab, at de kan holde faste partikler "svævende" (dispergeret) i kølevandet og dermed forhindre/reducere aflejring og samtidigt muliggøre, at partiklerne kan fjernes ved delstrømsfiltrering.
- Korrosionsinhibitorer
Kemiske stoffer som kan forhindre eller i væsentlig grad reducere korrosion. Korrosionsinhibitorer fungerer typisk ved at de enten hæmmer anode- eller katodeprocessen.
- Mikrobiocider
Kemiske stoffer som anvendes til bekæmpelse af mikrobiel vækst, f.eks. alger, svampe og bakterier. I åbne kølesystemer med fordampningskøling kan mikrobiel vækst udgøre et ikke uvæsentligt problem.

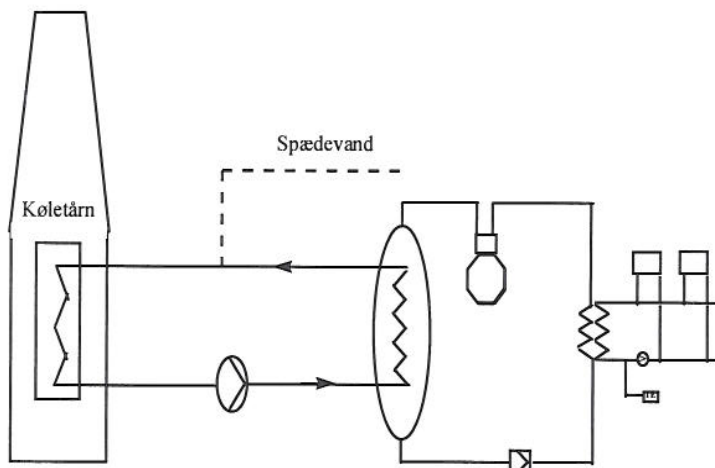
Det kan være overordentlig kompliceret at sammensætte den rigtige kombination af kemiske stoffer og samtidigt sikre, at de doseres i den rigtige mængde. Derfor må det normalt altid anbefales, at vandbehandling foretages i samarbejde med et professionelt vandbehandlingsfirma.

Materialevalg

Selv i et veldrevet åbent kølesystem med fordampningskøling må man forvente lejlighedsvis korrosion af ståledele. Derfor er det anbefalelsesværdigt, at rørsystemer af kulstofstål dimensioneres med en vis tolerance (korrosionstillæg), så anlægget kan tåle at lidt af rørmaterialet forsvinder på grund af korrosion. I nogle

anlæg accepterer man således gennemsnitlige korrosionshastigheder helt op til 0,1 mm om året, selvom cirkulationsvandet behandles med korrosionsinhibitorer. Det kan således ikke anbefales at anvende tyndvæggede stålrør i åbne kølesystemer med fordampningskøling.

1.3 Lukket cirkulerende kølesystem



Figur 11: Lukket kølesystem

Det lukkede kølesystem kan, set ud fra et korrosionsmæssigt synspunkt, deles op i to grupper.

- Lukket cirkulerende system uden iltadgang.
- Lukket cirkulerende system med iltadgang.

For begge grupper gælder det generelt, at behovet for spædevand er minimalt, idet energioverførelsen sker vha. varmevekslere

Lave driftstemperaturer fordrer i mange tilfælde, at det cirkulerende vand tilsættes kemiske stoffer, som kan sænke frysepunktet. Ethylenglykol eller propylenglykol er de mest almindeligt anvendte stoffer til frysepunktssænkning. Men også koncentrerede saltopløsninger eller andre organiske stoffer ses anvendt.

Det lukkede cirkulerende system uden iltadgang er principielt opbygget helt som et centralvarmesystem og typisk er det alene driftstemperaturen der adskiller de to systemer.

I systemer uden iltadgang forekommer korrosionsproblemer normalt kun i forbindelse med uhensigtsmæssig iltadgang. Men da det er forholdsvist enkelt at undgå iltadgang ses væsentlige korrosionsproblemer sjældent.

Årsagen til uhensigtsmæssig iltindtrængning i lukkede kølesystemer uden iltadgang skyldes næsten altid de samme faktorer som for centralvarmeanlæg:

- Lokalt undertryk i anlægget, f.eks. på sugesiden af pumper eller på højtliggende steder i rørsystemet.
- Uhensigtsmæssigt stort forbrug af spædevand.

- Anvendelse af åben trykexpansionsbeholder uden membran.
- Anvendelse af plastrør uden iltspærre.

Det skal bemærkes, at man ved valg og dimensionering af ekspansionsbeholdere skal tage højde for vandets reducerede volumen ved nedkøling.

Lukket cirkulerende kølesystemer med iltadgang er typisk anlæg, hvor der er anvendt plastmaterialer uden diffusionsbarriere eller som har et vandreservoir med fri adgang til atmosfærisk luft, enten i form af en buffertank eller en ekspansionsbeholder uden membran. Systemer hvor anlægstrykket svarer til atmosfæretryk, må som udgangspunkt også opfattes som systemer med iltadgang.

Lukkede cirkulerende kølesystemer, hvor det til stadighed er nødvendigt at koble mindre åbne kredse til og fra, bør i praksis også opfattes som systemer med iltadgang, uanset at hovedkredsen er udlagt til at være uden iltadgang. Eksempler på sådanne systemer ses af og til i plaststøbeindustrien.

Da spædevandsmængden og udledning af kølevand fra det lukkede cirkulerende kølesystem til det omgivne miljø er minimal, vil en behandling af vandet til reduktion/fjernelse af korrosionsrisikoen og risikoen for belægninger være mulig, og det er som ofte relativt simpelt at vandbehandle i lukkede cirkulerende kølesystemer. Bemærk at vandbehandling i lukkede cirkulerende kølesystemer uden iltadgang bør begrænse sig til frysepunktssænkning, eventuelt suppleret med kemikalier der sikrer stabil pH-værdi. Korrosionsinhibitorer og biocider har normalt ingen funktion i et lukket system uden iltadgang.


Materialevalg

For lukkede cirkulerende systemer uden iltadgang er korrosionsforholdene sammenlignelige med centralvarmesystemer, hvilket betyder at de fleste metalliske materialer umiddelbart kan anvendes og at materialerne kan kombineres uden væsentlig risiko for forøget korrosion (bimetallisk korrosion).

Elforzinkede, tyndvægede stålør samlet med presfittings må anses for egnet som rørmateriale i lukkede cirkulerende kølesystemer uden iltadgang, også i systemer hvor det cirkulerende vand indeholder glykol. I anlæg hvor der anvendes andre former for frysepunktssænkende kemikalier, bør der foretages en vurdering fra gang til gang.

For lukkede cirkulerende systemer med iltadgang skal der anvendes korrosionsbestandige materialer, eller alternativt skal vandet behandles med korrosionsinhibitorer. Hvis vandet er effektivt behandlet med korrosionsinhibitorer, kan tyndvægede stålør principielt anvendes, men da risikoen for lejlighedsvis korrosion af stål vanskeligt kan imødegås fuldstændigt, bør tyndvægede rør kun anvendes efter nøje overvejelse.

Med venlig hilsen
FORCE Technology


Asbjørn Andersen
Specialist

Korrosion og Metallurgi


Søren Klinggaard
Specialist

Korrosion og Metallurgi