

SBI-publ.

KORROSIONS FOREBYGGELSE i boligbyggeriets VVS-installationer



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · SBI-ANVISNING 95
KØBENHAVN 1973 · I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

**KORROSIONS
FOREBYGGELSE
i boligbyggeriets
VVS-installationer**

00691P
Bibliotekseksemplar 2
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
1978

KORROSIONS FOREBYGGELSE i boligbyggeriets VVS-installationer



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT · SBI-ANVISNING 95
KØBENHAVN 1973 · I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

Indhold

Brugsvandsanlæg

Indvendig korrosion	7
Rørsystemer	7
Varmtvandsbeholdere	15
Varmelegemer	21
Armatyr	23
Sammensætning af materialer	24
Vandsammensætning	25
Giftighed	26
Udvendig korrosion	30

Centralvarmeanlæg

Indvendig korrosion	31
Ilttilgang	31
Vandbehandling	32
Materialer	33
Udvendig korrosion	34
Rør i beton	34
Rør i mineraluld, grus og løs Leca	36
Rør i Leca-beton	37

Fjernvarmeanlæg

Indvendig korrosion	38
Udvendig korrosion	40
Bygninger	40
Kanaler	40

Anlæg for blødgjort og afsaltet vand

Indvendig korrosion	45
Vandtyper	45
Rør	45

Beholdere	50
Armatyr	51
Udvendig korrosion	52

Luftkonditioneringsanlæg

Luftbefugtning	53
Køling af luft	53
Problemer i luftbefugtelse	54
Driftsforhold i luftvaskere ved anvendelse af forskellige vandtyper	55

Afløbsinstallationer

Indvendig og udvendig korrosion	60
Rør	60
Regnvandsinstallationer	61

Gasledninger

Ledninger i jord	62
Husledninger	64

Fyringsanlæg

Røggaskorrosion i kedler og skorstene	65
Materialer til skorstene	69
Olietanke	70
Rørledninger i forbindelse med olietanke	71

Litteraturliste	73
---------------------------	----

Eftertryk tilladt, men kun med kildeangivelsen: Korrosionsforebyggelse i boligbyggeriets VVS-installationer, SBI-anvisning 95 (1973).

UDK 699.8:620.197
620.193:696/697

ISBN 87 563 0113 8

Denne publikation er udarbejdet af Korrosionscentralen, og som forfattere har herfra medvirket

afdelingsingeniør *Erik Nielsen*
akademiingeniør *Kate Nielsen*
civilingeniør *Steffen Nørregaard*
civilingeniør *Jørgen Møller*
civilingeniør *Finn Yding*

Afsnittet om luftkonditioneringsanlæg er forfattet af civilingeniør *Frederik Nielsen*, Birch & Krogboe A/S, ligesom *Frederik Nielsen* takkes for bistand til afsnittet om anlæg for blødgjort og afsaltet vand.

Afsnittet om brugsvandsanlæg er baseret på artiklerne 2-7 i litteraturlisten, og for medvirken såvel ved disse artikler som ved nærværende afsnit takkes medlemmerne af Korrosionscentralens udvalg vedr. brugsvandsanlæg.

Brugsvandsanlæg

Indvendig korrosion

Rørsystemer

Til rørsystemer for varmt og koldt brugsvand kan anvendes: Varmforzinket stål. Varmforzinket stål+elektrolyse (pt. kun større varmtvandsanlæg). Kobber. Rustfrit stål. Til koldt vand desuden: Plast.

Varmforzinket stål

Blødt vand, aggressivt vand

Varmforzinket stål bør kun bruges, hvis vandet har en vis forbigående hårdhed, min. ca. 6°d, og er frit for aggressiv (kalkopløsende) kuldioxid. Er dette ikke opfyldt, vil først zinken og siden stålet opløses jævnt, og man får rust i vandet, mens gennemtæring er ofte først bliver et problem efter en del års drift. Ganske små mængder aggressiv kulsyre kan dog normalt tolereres, svarende til Langelier-index* større end $\div 0,5$. Blødt, aggressivt vand forekommer mest i Vestjylland.

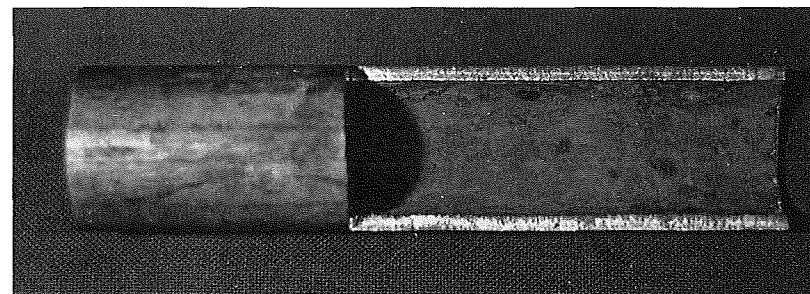


Fig. 1. Varmforzinket stålør efter et par år i blødt surt vand. Zinklaget er forsvundet, og stålet korroderer jævnt over hele overfladen.

* Langelier-index (LI) kan udregnes ud fra vandanalysen, og angiver vandets tilbøjelighed til at opløse eller udfælde kalk. Hvis $LI=0$ er vandet i kalk/kuldioxid-ligevægt, negativt LI betyder at vandet er kalkopløsende, og positivt LI at det er kalkfældende.

Aggressiv kulsyre fjernes normalt på vandværkerne, f. eks. ved luftning, anvendelse af dolomitfilter, eller tilsætning af calciumhydroxid. De to sidstnævnte metoder øger hårdheden. Hårdhedsstigningen er afhængig af vandets indhold af aggressiv kuldioxid, og hvis det er nødvendigt kan man øge hårdheden yderligere ved tilsætning af kuldioxid og kalk, hvilket gøres på et par vandværker i Vestjylland. Endelig skal nævnes dosering af polyfosfat (ca. 5 mg/l), hvilket har givet gode resultater i blødt, surt vand; sundhedsmyndighederne er imod anvendelsen af polyfosfat, og der må derfor søges dispensation.

Middelhårdt og hårdt vand uden aggressiv kulsyre

Bortset fra Vestjylland har det meste af Danmark kalkholdigt vand med over 6 hårdhedsgrader, og aggressiv kulsyre forekommer kun sjældent. Her kan varmforzinket stål anvendes, men angribes let af *grubetæring*, der på mindre end et år kan forårsage gennemtæring af rørvæggen. Erfaringsmæssigt sker gennemtæring normalt 3–4 gange så hyppigt i varmt vand som i koldt vand, men der kendes også områder, hvor gennemtæring er hyppigst i koldt vandsrørene.

Risikoen for grubetæringsangreb kan mindskes ved at

- 1) holde varmtvandstemperaturen under 60°,
- 2) sørge for at vandet er kobberfrit (kobberindhold < 0,1 mg/l),
- 3) installere mekanisk filter.

ad 2): Vandværksvand er kobberfrit, men kan altid opløse lidt kobber fra rør og beholdere af kobber. Til vand der har løbet gennem kobberrør eller kobberforet varmtvandsbeholder bør varmforzinket stål derfor ikke anvendes.

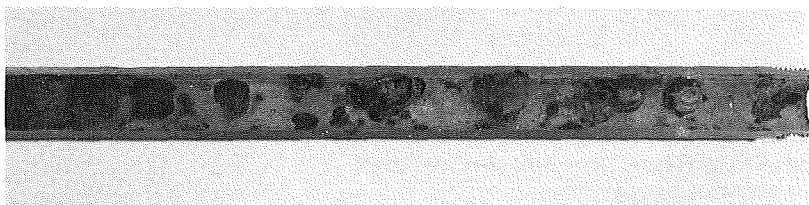


Fig. 2. Varmforzinket rør, der på halvandet år er gennemtæret flere steder, fordi det har siddet lige efter en kobberforet varmtvandsbeholder.

ad 3): Aflejring af faste partikler af enhver art kan forårsage tildækningskorrosion. Imidlertid ser vandværkerne nødig at der installeres filtre ved eller i de enkelte installationer, og der må indhentes tilladelse fra vandværket, hvis installation af filter ønskes.

Selv om disse forholdsregler overholdes, må man gøre sig klart at *brugen af varmforzinket stål altid er forbundet med en betydelig korrosionsrisiko*, og det må tilrådes kun at bruge dette materiale hvis man på forhånd har gode erfaringer i det pågældende vandforsyningsområde. F. eks. i mange større byområder er korrosionsproblemerne så udbredte, at varmforzinket stål næppe kan betragtes som et tilfredsstillende materiale.

Varmforzinket stål kan kun anvendes som fritliggende eller udskiftelig installation. På grund af korrosionsrisikoen skal skjulte rør ifølge Ingeniørforeningens forskrifter udføres i korrosionsbestandigt materiale, p.t. kobber.

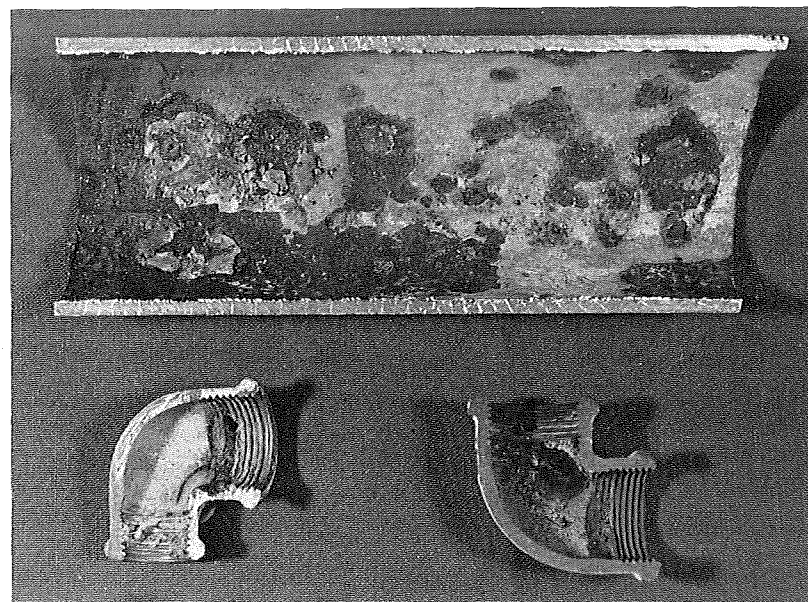


Fig. 3. Gennemtærede rørdelle af varmforzinket stål – ingen påviselig korrosionsårsag.

Varmforzinket stål + elektrolyse

Denne konstruktion anvendes til større varmtvandsanlæg og kan betragtes som næsten korrosionssikker. Et elektrolyseanlæg består af en aluminiumanode, der indbygges i varmtvandsbeholderen og påtrykkes en jævnstrøm fra en ensretter. Ved elektrolyse dannes der en beskyttende belægning af aluminiumhydroxid i rørene, som hindrer tæring. Belægningen dannes lettest i nye rør (men opbygges normalt også i gamle, angrebne), og det er efterhånden en udbredt praksis at projektere større anlæg for varmt brugsvand i varmforzinket stål med elektrolyse fra starten. Herved opnås desuden, at beholderen kan laves af stål, da denne er katodisk beskyttet ved elektrolysen, samt at der kan anvendes kobber i dele af cirkulationsledningen, hvis det ønskes.

Som det fremgår, beskytter et elektrolyseanlæg kun varmtvandsystemet, og det er p.t. kun aktuelt for større anlæg. Elektrolyse er i enkelte tilfælde blevet anvendt til koldt vandssystemer, men erfaringerne herfra er endnu meget begrænsede.

Ved overbehandling af vandet kan der opstå lugt- og smagsgener, og disse må bekæmpes ved at regulere strømstyrken efter vandforbruget.

Et elektrolyseanlægs funktion kan afhænge en del af rørsystemets og varmtvandsbeholderens konstruktion, og det er derfor klogt allerede på

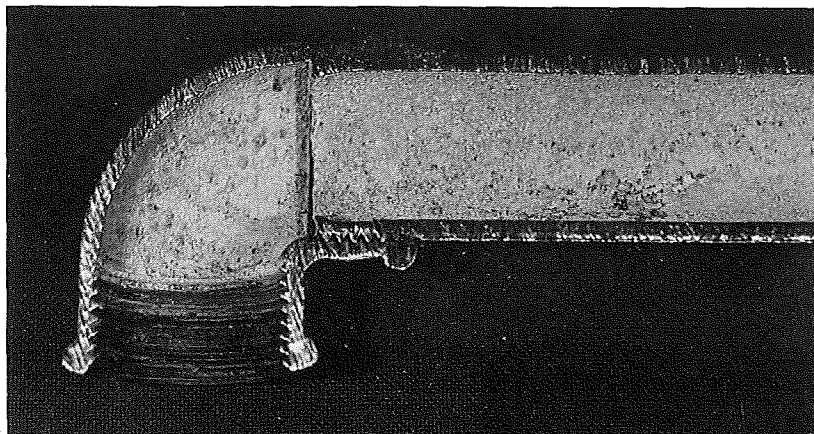


Fig. 4. Elektrolyse bevirker, at der dannes en beskyttende belægning i rørene; belægningen er hvid og indeholder normalt ca. 30% aluminiumhydroxid.

projekteringsstadiet at spørge elektrolysefabrikanten, om der ønskes ændringer i anlægget af hensyn til elektrolysen.

Kobber

Kobber er som bekendt et meget korrosionsbestandigt materiale, også i brugsvand. Det har dog visse begrænsninger, og ved projektering bør der tages hensyn til følgende forhold:

- 1) For høje strømningshastigheder medfører turbulenskorrosion.
- 2) Rør med kulstofbelægninger kan grubetære (type 1) specielt ved brug af for rigelig flusmiddel.
- 3) I varmt vand med lavere indhold af hydrogencarbonat end sulfat og pH-værdi under 7 kan der ske grubetæring (type II).
- 4) Ved uheldig fastspænding kan temperaturudvidelserne medføre ud-mattelseskorrosion.
- 5) Der bør ikke bruges varmforzinkede rør efter kobberrør, med mindre der er installeret elektrolyseanlæg.

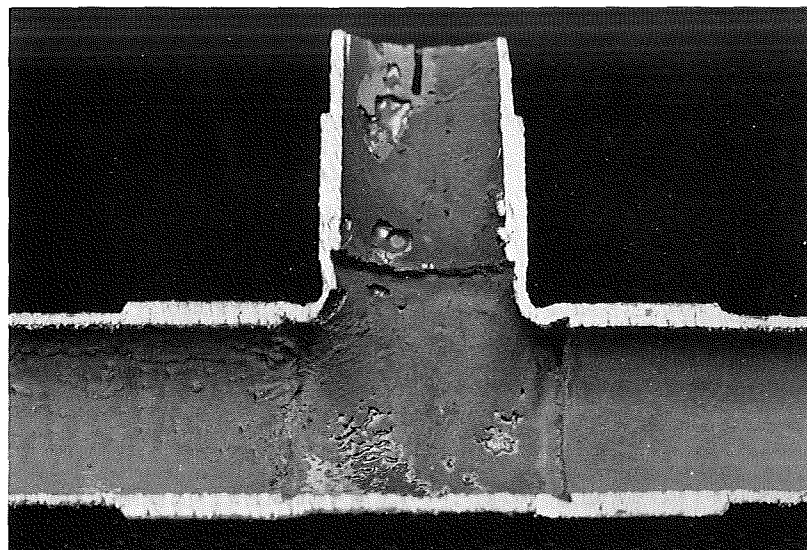


Fig. 5. Kobberrør fra cirkulationsledning for varmt brugsvand. Cirkulationshastigheden var for stor (ca. 2 m/sek.) hvilket har ført til turbulenskorrosion. Alder ca. 4 år.

ad 1). Nedenstående tabel viser de maximalt tilladelige vandhastigheder i anlæggets forskellige dele i afhængighed af temperaturen. Tabellen stammer fra den svenske VA-Byggnorm. Der bør ubetinget tages hensyn til strømningshastigheden, da f. eks. en cirkulationsledning med for høj strømningshastighed kan tæres fuldstændig på få år.

Største tilladelige vandhastighed i kobberør til brugsvand

Vandledning	Montering	Største tilladelige hastighed i m/s ved temperaturen °C				Bemærkninger
		10°	50°	70°	90°	
Fordelingsledning	Udskiftelig	4,0	3,0	2,5	2,0	
Fordelingsledning	Ikke udskiftelig	2,0	1,5	1,3	1,0	
Koblingsledning (f.eks. hanerør)	Udskiftelig	16,0	12,0	10,0	8,0	
Koblingsledning	Ikke udskiftelig	4,0	3,0	2,5	2,0	Hastigheden medfører risiko for gennemtæring og accepteres kun for koblingsledning
Ledning med kontinuerlig strømning f.eks. cirkulationsledning.	Udskiftelig og ikke udskiftelig	2,0	1,5	1,3	1,0	

Ved brug af tabellen kan koldtvalsninger som regel dimensioneres til temperaturen 10°C og varmtvalsninger til 50°C. Ved dimensionering bør middeltemperatur og ikke kortvarige maximumtemperaturer være udslagsgivende.

Tabel 1. Gengivelse af tabel 226 b fra den svenske VA-Byggnorm. Tabellen angiver de største tilladelige vandhastigheder i kobberør for brugsvand i pH-området 6,5-9.

ad 2). Af og til kan bløde og halvharde rør indeholde kulstofbelægninger (fabrikationsfejl) hvilket i visse vandtyper giver mulighed for grubetæring (type 1) i koldtvalsninger. Denne type korrosion ses undertiden i forbindelse med efterladte flusmiddelrester i rørene, hvorfor flusmiddel ved lodning kun bør bruges i strengt nødvendig mængde og systemet bør gennemskylles hurtigt efter anlæggets montering. Denne korrosionsform forekommer kun spredt og sjældent.

ad 3). I sådanne vandtyper kan grubetæring ødelægge hele rørsystemet for varmt vand på få år. Muligheden for grubetæring kan ikke fuldstændig forudsiges ud fra vandanalysen, men har vandet de nævnte egenskaber,

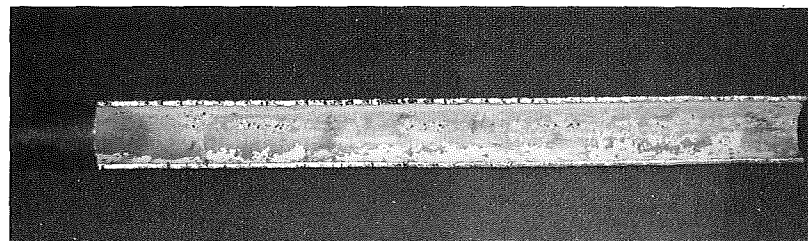


Fig. 6. Varmt vand af en særlig sammensætning, (se pkt. 3), kan i løbet af nogle år gennemtære kobberør – flere af de tilsyneladende små huller (ses på billedet som sorte prikker) er gennemgående.

må brugen af kobber til varmtvandsrør frarådes, med mindre man positivt har længere tids erfaring for at grubetæring ikke forekommer. Disse vandtyper er næsten altid bløde og aggressive, således at heller ikke varmforzinket stål bør bruges, hvorimod rustfrit stål vil være egnet.

ad 4) Udmattelseskorrosion ses især i forbindelse med hårdlodning af hårde kobberør. Den høje loddetemperatur medfører udglødning af zonen omkring loddestedet, og ved uheldig fastspænding kan denne bløde zone komme til at optage de tilstødende rørs længdeændringer ved temperatursvingninger. Brud kan ske både med og uden indvirkning af korrosion (rent udmattelsesbrud).

ad 5). Som nævnt kan vand altid opløse lidt kobber, hvilket gør det mere aggressivt over for varmforzinket stål. Denne kobberopløsning er dog så ringe, at den ikke påvirker kobberets levetid nævneværdigt.

Rustfrit stål

Rustfrit stål er nu prismæssigt i klasse med kobber, idet der er kommet tyndvæggede rør på markedet. Den høje korrosionsbestandighed skyldes passivering, d.v.s. dannelsen af en ganske tynd, beskyttende oxidhinde. Hvis passiveringen lokalt nedbrydes, kan der ske hurtig korrosion, og en sådan nedbrydning kan skyldes 1) for ringe ilttilgang, f. eks. i snævre spalter, 2) høje chloridkoncentrationer, og 3) kombinationer af 1) og 2). I brugsvand er chloridindholdet aldrig højt nok til at være farligt, der skal ske en inddampning med deraf følgende koncen-

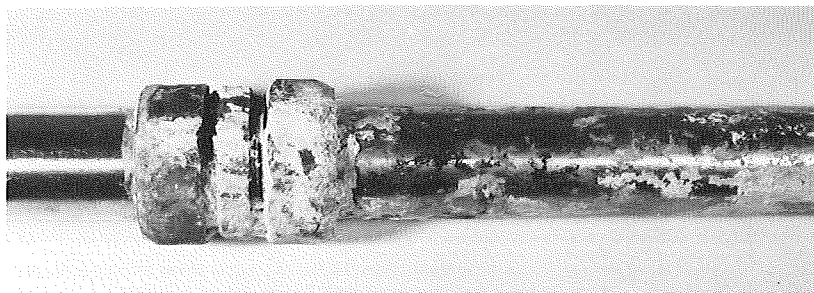


Fig. 7. En utæt samling på et varmtvandsrør af rustfrit stål vil let kunne forårsage, at røret revner ved spændingskorrosion udefra; årsagen er de høje chloridkoncentrationer, der som følge af inddampningen opstår på røroverfladen.

trering. Mest farlig er inddampning af vand udvendigt på rustfri ståloverflader ved temperaturer over ca. 60°, da dette kan medføre spændingskorrosion (= hurtigt fortløbende revnedannelse).

Ved anvendelse af rør af rustfrit stål $^{18}/_8$ (ca. 18 % chrom, min. 8 % nikkel) kan følgende retningslinier gives:

1. Rustfrit stål kan anvendes i alle brugsvandstyper.
2. Til koldt vand er rustfrit stål egnet både som fritliggende og som skjulte rør.
3. Til varmt vand er rustfrit stål egnet som fritliggende, men de kan – med de erfaringer, der haves i øjeblikket – ikke anbefales som skjulte, ikke udskiftelige rør.
4. Vand, som siver ned på en varm rustfri ståloverflade, kan ved inddampning give anledning til spændingskorrosion.
5. Rørinstallationer samles med lodde- eller kompressionsfittings af kobber eller rødgoods.
6. Lodning udføres normalt som blødlodning (kapillarlodning) med flusmiddel på fosforsyrebasis. Forskrifter skal følges nøje (for høj loddetemperatur ($> 400^{\circ}\text{C}$) kan resultere i utætte samlinger). Anvendelse af andre flusmidler end de fosforsyrebaserede medfører en vis risiko for at flusmiddelrester kan forårsage gennemtæring; dette gælder især de chloridholdige flusmidler.
7. Rustfrit stål kan anvendes sammen med varmforzinket stål uden at give forøget korrosionsrisiko for dette.

Plast

Der er ingen korrosionsmæssige problemer med plast i brugsvand. Anvendelsen begrænses kun af de mekaniske egenskaber; der findes således i øjeblikket ikke plastrør til konkurrencedygtig pris, der samtidig tåler varmtvandstemperatur og tryk i længere tid. Der er dog stærk udvikling på dette felt, og f. eks. sælges der i Sverige plastrør som er godkendt til centralvarmeanlæg og som forventes godkendt til varmt brugsvand.

Varmtvandsbeholdere

Varmtvandsbeholdere findes i følgende materialer og materialekombinationer:

1. stål, ubeskyttet
2. stål + magnesiumanode
3. stål + elektrolyse
4. stål med følgende belægninger:
 - glasemalje, med eller uden anode
 - kunststof (plast, maling m.v.)
 - varmforzinkning
 - cement
5. kobber og kobberlegeringer
6. rustfrit stål:
 - $^{18}/_8$ (ca. 18 % chrom, min. 8 % nikkel)
 - HWT (17 % chrom)

Ubeskyttet stål

Vil man undgå risiko for korrosion i varmtvandsbeholderen, må det frarådes at anvende stål uden korrosionsbeskyttelse. Det har ganske vist længe været praksis og er det til dels stadig, men korrosionsangrebene – der næsten altid forekommer som grubetæring i beholderens bund – er nu så udbredte og tilfældigt forekommende, at ubeskyttet stål næppe kan betragtes som et tilfredsstillende materiale. Levetiden kan variere fra under 2 til over 50 år og kan ikke forudsiges, men det har været anslået at hver tredje beholder er gennemtæret efter 10–15 års drift. Be-



Fig. 8. Udsnit af varmtvandsbeholder af ubeskyttet stål, alder 3 år. Rusttuerne er fjernet, og man ser de dybe grubetæringer.

holderfabrikanterne har, herhjemme som i udlandet, i vid udstrækning draget konsekvensen heraf, og de fleste beholdere fås nu eller kan fås med korrosionsbeskyttelse.

Stål + magnesiumanode

Når en stålbeholder forsynes med en korrekt monteret magnesiumanode, vil der på grund af potentialforskellen mellem de to metaller gå en strøm fra anoden gennem vandet ind i beholdervæggen. Kredsløbet sluttes, idet beholder og anode er metallisk forbundne. Ved denne proces beskyttes stålet effektivt, men anoden korroderer og skal derfor med mellemrum udskiftes. Til beskyttelsen kræves en strømtæthed af en vis minimumstyrke, som ikke kan opnås, hvis vandet har for ringe ledningsevne (som f. eks. flere steder i Vestjylland). Omvendt kan for høj ledningsevne og den deraf følgende hyppige anodeudskiftning gøre brugen af magnesiumanoder upraktisk samtidig med, at man kan få gener med brintudvikling og ilde lugt. I langt de fleste af vore vandtyper virker en magnesiumanode dog problemfrit og har en levetid på 1–2 år. Anoden bevirker, at miljøet tæt ved beholdervæggen bliver alkalisk;

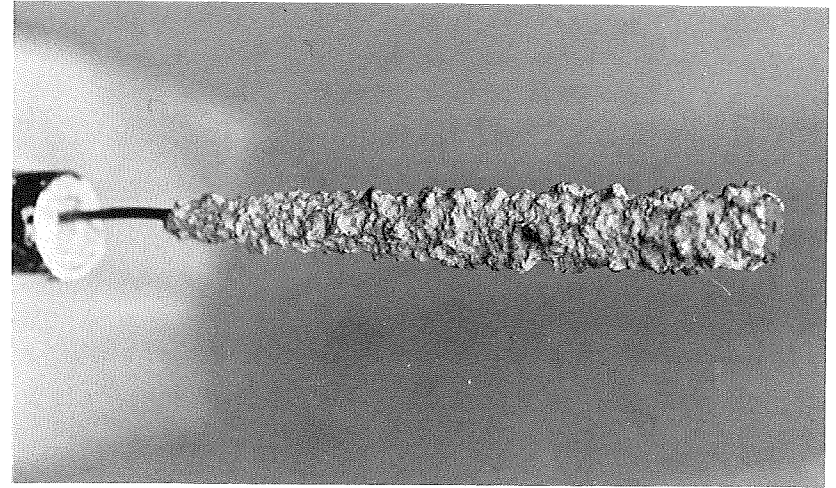


Fig. 9. En magnesiumanode kan beskytte beholderen, men tæres selv og skal derfor med mellemrum udskiftes.

dette fremmer dannelsen af en god kalkbelægning, som ofte kan beskytte beholderen efter at anoden er opbrugt.

Ved installation af en beholder med anode bør der tages de nødvendige pladsmæssige hensyn, således at det er muligt at skifte anoden.

En magnesiumanode giver ingen beskyttelse af rørnettet.

Stål + elektrolyse (pt. kun større anlæg)

Som omtalt s. 10 installeres elektrolyseanlæg primært for at forebygge eller standse korrosionsangreb i rørsystemer af varmforzinket stål. Da elektrolyseanlægget består af en i varmtvandsbeholderen indbygget aluminiumanode med påtrykt strøm, får man i tilgift en katodisk beskyttelse af beholderen, analogt med det ovenfor anførte om magnesiumanode.

Stål med belægning

Emalje (glasemalje, ikke at forveksle med maling, plast o.l.) har vist sig at give en langvarig og pålidelig korrosionsbeskyttelse af stålbeholdere.

Emaljerede beholdere forsynes ofte med anode til beskyttelse af evt. porer og fejl i emaljen, og anodens levetid er lang (typisk 10–15 år) da den kun skal beskytte små arealer. Vandets ledningsevne er ikke kritisk (se under stål og magnesiumanode). En emaljeret beholder med anode er derfor en meget korrosionssikker konstruktion.

Hvis en emaljeret beholder forsynes med varmelegeme af kobber eller andet ædelt materiale, er der risiko for galvanisk korrosion mellem varmelegemet og stål i porer og fejlsteder. Beholdere af denne konstruktion bør derfor have absolut tæt emalje, eller forsynes med magnesiumanode.

Emalje er elektrisk isolerende og hindrer derfor evt. anvendelse af elektrolyseanlæg.

Kunststof (plast, maling m.v.)

En kunststofbelægnings kvalitet afhænger meget stærkt af udførelsen. Stålet bør sandblæses til SA 3 (metallisk renhed), og belægningen må

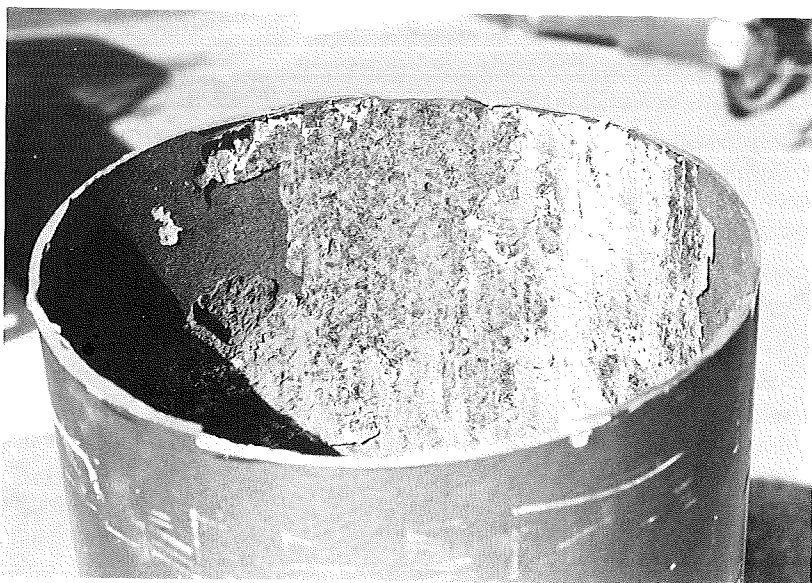


Fig. 10. I denne beholder var belægningen for tynd og dermed ikke poretæt; resultatet er total underrustning i løbet af et par år.

påføres i tilstrækkelig tykkelse til at poretæthed opnås (for mange belægningstyper betyder dette en lagtykkelse på min. 300 μm). Endelig skal belægningen være tilstrækkelig temperaturbestandig. Der kan i dag laves udmærkede belægnings af mange forskellige typer, men de praktiske erfaringer er begrænsede, og der kan ikke siges noget generelt om korrosionsbestandigheden. Ved anvendelse af kunststofbelagte beholdere er det klogt at sikre sig, at de ovennævnte forhold er i orden, da f. eks. en for tynd belægning kan have meget kort levetid.

Kobbervarmelegeme vil i plastklædte beholdere øge korrosionen af stål i porer og fejl, hvorfor poretæthed da er ekstra vigtig. Der kan normalt ikke isættes magnesiumanode, da de fleste belægnings ikke tåler det alkaliske miljø, som anoden skaber ved beholdervæggen.

Ligesom emalje hindrer kunststof anvendelse af elektrolyseanlæg.

Cementsvumning anvendes en del til reparation af gamle beholdere. Til nye beholdere synes cement at have mindre interesse. De praktiske erfaringer er ret begrænsede, men synes som helhed gode. Cementsvumning kan kombineres med anvendelse af magnesiumanode, men der haves ingen erfaringer hermed. Cementen hindrer ikke anvendelse af elektrolyseanlæg.

Varmforzinkning er ikke nogen sikker korrosionsbeskyttelse, og en varmforzinket beholder kan endda være mere tilbøjelig til at grubetære end en ubeskyttet stålbeholder. Magnesiumanode og elektrolyseanlæg vil hindre korrosion, men i så fald er varmforzinkningen overflødig.

Kobber og kobberlegeringer

Kobber i form af kobberforede stålbeholdere kan anvendes med følgende forbehold:

- 1) Hvis vandet har lavere indhold af hydrogencarbonat end sulfat og pH-værdi under 7, kan der ske grubetæring, og kobber bør ikke anvendes.
- 2) Der bør ikke bruges varmforzinkede rør efter en kobberforet varmtvandsbeholder.

ad 1). Dette forhold er omtalt under kobberør, s. 11. Grubetæring kan hindres ved installation af en aluminiumanode, der ikke behøver udskiftes. Herhjemme kendes denne tæringsform fra flere steder i Vestjylland i forbindelse med gennemstrømningsvandvarmere med kobberør.

ad 2). Problemet er omtalt nærmere i afsnittet om varmforzinket stål. Kobberforede beholdere har meget lange levetider når ad 1) iagttages.

Kobberlegeringer er ikke aktuelle herhjemme, men f. eks. i Tyskland laves en del beholdere af kobbernikkel, som er endnu mere korrosionsbestandigt end kobber; dog vides der ikke noget om kobbernikkels egenskaber i den ovennævnte vandtype.

Rustfrit stål

Der anvendes to typer rustfrit stål til varmtvandsbeholdere, dels $18/8$ stål med ca. 18 % chrom og min. 8 % nikkel, hvilket er langt den mest udbredte type rustfrit stål, og dels det såkaldte HWT-stål med 17 % chrom og intet nikkel. Begge stålsorter er fuldt bestandige i alle brugsvandstyper, forudsat at konstruktionen er korrekt.

Det vigtigste i konstruktionen er at

- 1) undgå snævre spalter,
- 2) undgå særlige aflejningsmuligheder,
- 3) undgå enhver form for inddampning af vand på rustfrie overflader.

Det er meget vigtigt at dette overholdes, da rustfrit stål ellers lokalt kan miste sin passivitet med hurtig korrosion til følge. Især inddampning af vand på $18/8$ -stål er farligt, da det i forbindelse med temperaturer over ca. 60° kan medføre spændingskorrosion (=hurtig revnedannelse). Ved lavere temperatur vil inddampning medføre grubetæring. HWT-stålet kan ikke spændingskorrodere men vil til gengæld lettere grubetære.

Det vil føre for vidt at gå nærmere ind på rustfrit ståls korrosionsegenskaber her, og der henvises til pkt. 5 i litteraturlisten. Hvis der er tvivl om, hvorvidt de ovennævnte ting er overholdt, anbefales det at søge sagkyndig bistand.

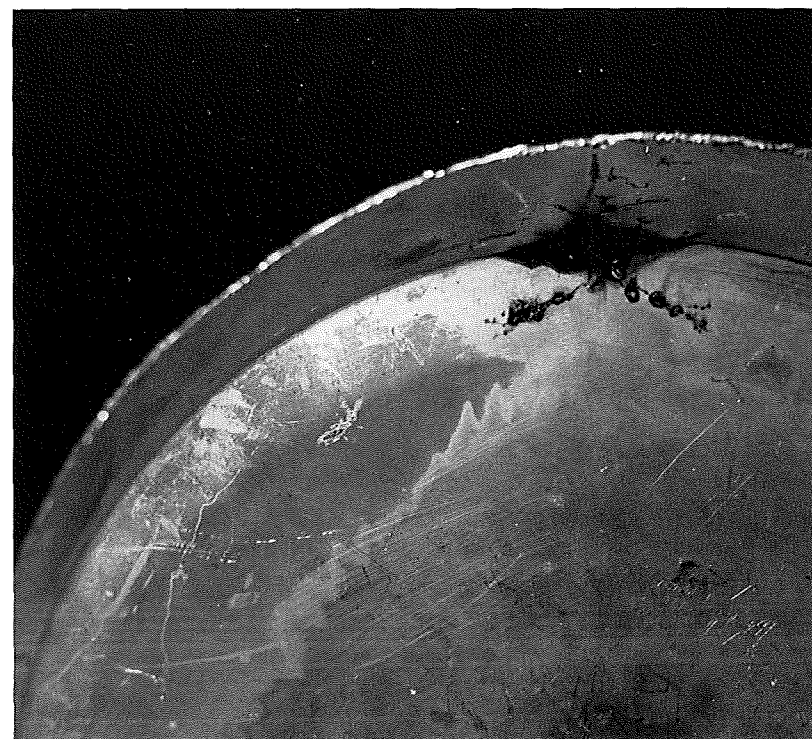


Fig. 11. Uheldig konstruktion af rustfrit stål. Den snævre spalte ved svejsningen bevirker spaltekorrosion fra indersiden, og efter at gennemtæring er sket revner beholderen ved spændingskorrosion fra ydersiden – jvf. fig. 7. Alder $1/2$ år.

Varmelegemer

Til varmelegemer anvendes:

1. stål
2. kobber
3. rustfrit stål

Her tænkes ikke på elektriske varmelegemer, hvor den høje hede- fladebelastning giver specielle problemer, men kun på sådanne, hvor det varmeafgivende medium er vand eller damp, evt. olie. Der tænkes endvidere kun på varmelegemer, som består af rør eller rørbundter.

Stål

Hvis brugsvandet løber *inden i* rørene, viser stål erfaringsmæssigt god bestandighed. Årsagen er den gode gennemstrømning og opvarmningen, der kan bevirke dannelse af en beskyttende kalkbelægning.

Er brugsvandet derimod *uden om* rørene, får man meget let korrosionsproblemer, og stål må her betragtes som et helt uegnet materiale. Magnesiumanode og i endnu højere grad elektrolyseanlæg kan beskytte et varmelegeme af stål, men beskyttelsen afhænger stærkt af konstruktion og anodeplacering; en varmespiral med få vindinger med god indbyrdes afstand beskyttes let, mens f. eks. et varmelegeme af mange tætliggende u-bøjede rør er vanskeligt eller umuligt at beskytte.

Af *belægnings* kan kun de ovnhærdnende epoxysystemer komme på tale. Disse synes at kunne anvendes, men stiller meget store krav til udformning og konstruktion af varmelegemet, samt til omhyggelig udførelse af selve belægningen.

Kobber

Hvis brugsvandet er *inden i* kobberrørene, kan kobber anvendes med de s. 11 nævnte forbehold 1), 3) og 5), og vil have meget lang levetid.

Er brugsvandet *uden om* kobberrør, gælder forbehold 1) og 3) s. 11 (vandhastighed, hhv. speciel vandtype) uændret, selv om vandhastigheden kun ved særlige konstruktioner kan overskride den kritiske værdi. Med hensyn til 5), brugen af varmforzinket stål efter kobber, er forholdene knap så enkle. Et lille kobbervarmelegeme i en beholder af stål eller en beholder med magnesiumanode vil ikke afgive skadelige kobbermængder, mens et større varmelegeme undertiden kan gøre det. Til en nærmere orientering henvises til pkt. 4 i litteraturlisten, og der kan søges sagkyndig bistand i tvivlstilfælde.

Mange *kobberlegeringer* kunne anvendes, f. eks. udmærker kobbernikkel sig ved høj bestandighed mod turbulenskorrosion.

Kobber bør ikke anvendes til varmelegemer der opvarmes med varmolie, da kobber kan fremme oliens nedbrydning.

Rustfrit stål

Mange typer rustfrit stål kan anvendes til varmelegemer, men for alle typer gælder det, at varmemediets temperatur ikke må overstige van-

dets kogepunktstemperatur ved det pågældende vandværkstryk. Hvis dette sker, kan der ske lokal inddampning på metaloverfladen under kalkbelægnings, hvilket resulterer i grubetæring eller spændingskorrosion (der findes dog rustfrit stål som ikke kan spændingskorrodere, f.eks. 17% chromstål eller $^{26}/_4$ med 26% chrom og 4% nikkel, men faren for grubetæring er den samme). Dertil kommer, at kalkbelægnings i forbindelse med høj temperatur i sig selv udgør en vis risiko, men desværre er erfaringerne hermed meget begrænsede. Indtil videre erfaringsmateriale foreligger, kan følgende anbefales:

Varmemedietemperaturer op til 90°	rustfrit stål $^{18}/_8$
– 90°–120°	rustfrit stål 18/8/2 (2–3 % molybdæn, såkaldt syrefast rustfrit stål), eller 26/4
– over 120°	rustfrit stål frarådes

I blødgjort vand, hvor der ikke kan ske udfældning af kalk eller andre stoffer, kan man anvende rustfrit stål ved højere varmemedietemperaturer.

Armatur

Hertil anvendes messing og andre materialer.

Messing

Messing af den normale kvalitet (58% kobber, 40% zink, 2% bly) har normalt fuldt tilfredsstillende levetider, men det kan dog i visse vandtyper korrodere på en særlig måde, kaldet *afzinkning*, hvorved zinken opløses og kobberet bliver tilbage som en porøs masse. Afzinkning sker, hvis vandet har lavt indhold af hydrogencarbonat i forhold til chlorid (jvf. figuren på næste side), og bedst ved pH-værdier på over 8,3.

I Danmark findes kun få vandtyper med disse egenskaber, og afzinkning er ikke et problem af betydning.

I de senere år er der udviklet nogle specialmessinger (f. eks. Enkotal, Esmatur B og A-metal), som er afzinkningsbestandige uden at være væsentlig sværere at bearbejde end MS 58.

Ved høje strømningshastigheder kan der ske *turbulenskorrosion* af messing (som af alle andre kobberlegeringer), men da dette i høj grad

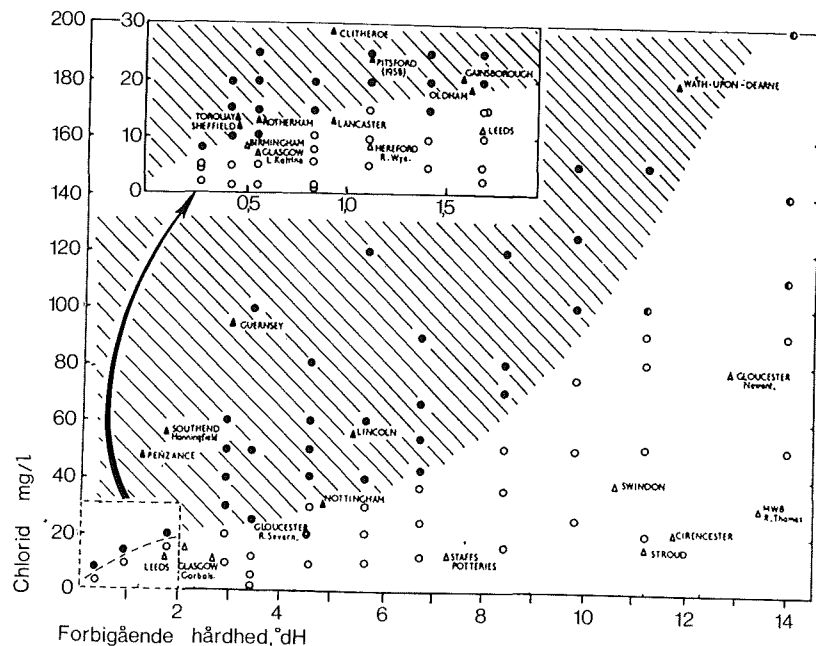


Fig. 12. Diagram for afzinkning i brugsvand. I England erfarede man, at vandtyper, som lå inden for det skraverede område (d.v.s. vand med højt chloridindhold og lavt hydrogencarbonatindhold) gav anledning til afzinkning, mens det øvrige område var fri for problemer.

er afhængigt af konstruktionen og i øvrigt ikke er noget større problem i praksis, skal det ikke uddybes nærmere her.

Andre materialer

Det mest anvendte er rødgods, der er meget korrosionsbestandigt i brugsvand. Anvendelse af andre kobberlegeringer og andre materialer er sjældne og skal ikke behandles her.

Sammensætning af materialer

Der er i det foregående flere gange nævnt materiale- og installationskombinationer, som enten må undgås, eller ikke kan udføres. I neden-

stående oversigt er samlet alle tænkelige kombinationer af varmtvandsbeholdere og rørsystemer.

Bemærk, at denne tabel *kun* omhandler kombinationerne, og *ikke* siger noget om de enkelte materials bestandighed.

	Rørsystem			
	Varmforz. stål	Varmforz. stål + elektrolyse	Kobber med cirkulation*	Rustfrit stål
<i>Varmtvandsbeholder:</i>				
Stål + magnesiumanode	+	0	+	+
Stål + elektrolyse	+	+	0	0
Stål, emaljeret, ± anode	+	÷	+	+
Stål, kunststofbelagt	+	÷	+	+
Stål, cementsvummet	+	÷	+	+
Kobberforet stål	÷	0	+	+
Kobbernikkel	(+)	0	+	+
Rustfrit stål, 18/8 og HWT	+	0	+	+
<i>Varmelegemer:</i>				
Brugsvand inden i:				
Ubeskyttet stål	+	+	÷	+
Kobber	÷	+	+	+
Kobbernikkel	(+)	+	+	+
Rustfrit stål	+	+	+	+
Brugsvand uden på:				
Kobber	+ / ÷ se s. 22	+	+	+
Kobbernikkel	(+)	+	+	+
Rustfrit stål	+	+	+	+

* Uden cirkulation er alle kombinationer OK.

Tegnforklaring:

- + Kombinationen er i orden,
- ÷ Kombinationen bør undgås eller kan ikke laves,
- 0 Kombinationen kan laves, men er uøkonomisk,
- () Angiver tvivl.

Vandsammensætning

Der har flere gange været omtalt vandtyper, som giver særlige korrosionsproblemer, og disse skal for overskuelighedens skyld gengives her.

Vandtype	Problem
Hårdhed mindre end 6°d Aggressiv kulsyre	Varmforzinket stål bør ikke bruges. Varmforzinket stål bør ikke bruges. Vandet bør behandles. Kobber kan grubetære.
$\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-} < 1$, pH < 7 Højt chloridindhold i forhold til den forbigeående hårdhed ifølge fig. 12, s. 24, pH > 8,3 Høj ledningsevne (> 1000 μs)	Almindelig messing bør ikke bruges. Magnesiumanode kan bruges, men tæres hurtigt.
Lav ledningsevne (< 300 μs)	Magnesiumanode kan kun anvendes ved særligt velegnede konstruktioner, eller ved isætning af flere anoder.
Meget lav ledningsevne (< ca. 150 μs)	Elektrolyseanlæg kan ikke bruges.

Giftighed

Det er naturligt at stille det krav til brugsvandsinstallationer, at de ikke giver mulighed for forgiftning af drikkevandet. I det følgende skal gennemgås, hvad vandet kan optage af forskellige bestanddele ved kontakt med nogle af de materialer som indgår i brugsvandsanlæg.

Det skal generelt bemærkes at et nymonteret anlæg vil indeholde metalspåner, flusmiddelrester, snavs, boreolie m.m. som kan fjernes ved kraftig udskyllning, hvorfor dette altid må anbefales.

Vand, som har stået i en vis tid i en metalinstallation, vil altid indeholde en vis mængde opløste eller opslemmede metalforbindelser. Metaloptagelsen vil være størst mens anlægget er nyt og vil særlig i hårdt vand aftage væsentligt efter nogle måneders forløb. Det er vigtigt at skelne mellem to grupper af metaller. Der er de metaller, som er nødvendige eller uskadelige for den menneskelige organisme og som indtages med vore øvrige fødemidler og som kan udskilles af organismen igen. Til denne gruppe hører jern, zink, aluminium og kobber. Disse metaller kan ligesom køkkensalt være giftige, hvis de indtages i for store mængder, men i de mængder de kan forekomme i drikkevandet hidrørende fra installationen er de uskadelige, og man vil langt inden man kan blive udsat for noget giftigt reagere på dem, fordi de smager ubehageligt (metallisk smag af vandet). Den gruppe af metaller, som er farlige, er dem som i forureningsdebatten ofte misvisende kaldes tungmetaller. Det er metaller som organismen ikke har brug for og som ophobes i legemet, og som kan føre til omfattende skader af de mæn-

skelige organer. Til denne gruppe hører cadmium og bly; man må i alle levnedsmidler tilstræbe så lavt indhold af disse som muligt.

Metaller i kontakt med brugsvand

Støbejern

Tilfører vandet opløst jern og opslemmede grafit- og rustpartikler, som ikke er giftige.

Varmforzinket stål

Tilfører særlig i den første tid vandet zink, dog sjældent mere end 5 mg/l, hvilket er omkring smagsgrænsen. I visse vandtyper kan vandet komme til at indeholde grusagtige partikler af zinkcarbonat; men disse kan ikke give anledning til sundhedsfare. Ved korrosion vil der efterhånden også gå jern i opløsning. Samtidig med zinkens opløsning vil der gå en meget ringe mængde cadmium i opløsning, idet zink vil indeholde omkring 0,01 % cadmium. Så ringe et cadmiumindhold vil normalt ikke kunne give anledning til sundhedsfare.

Kobber

Et kobberrørsystem vil som regel give anledning til at vandet kommer til at indeholde 0,1–1 mg kobber/l. Kobberet kan give anledning til grønfarvning af sanitetsporcelæn og kogegej, men kan ikke blive sundhedsfarligt. Smagsgrænsen ligger ved 3 mg/l og i visse anlæg kan kobberindholdet nå op på denne værdi, men det må stadig betragtes som giftigt.

Rustfrit stål

Vil ikke afgive metal i målelig mængde og kan ikke frembyde giftfare.

Messing

Vil ved korrosion kunne tilføre vandet zink og små mængder kobber og bly. Blyafgivelsen fra messing vil i hårdt vand normalt ligge under den af WHO fastsatte grænse på 0,1 mg/l. I vandtyper, som angriber messing kan denne grænse overskrides, når vandet har stået en vis tid i armaturet. Danske vandtyper giver kun yderst begrænset angreb på messing.

Rødgods

Er så bestandigt i brugsvand, at metalafgivelse praktisk taget ikke sker.

Bly

Ikke tilladt til drikkevandsinstallationer i Danmark på grund af fare for forgiftning; men anvendes f.eks. stadig i England.

Cadmierede dele

Vil i bløde, sure vandtyper afgive cadmium, således at WHO's grænse for cadmium på 0,01 mg/l kan overskrides. Bør ikke på nogen måde anvendes i drikkevand.

Loddemetal

Kan have mange sammensætninger. I denne forbindelse skal nævnes at bly/tin lod (50/50) til blødlodning kan tilføre vandet noget bly. Cadmiumholdigt hårdlod vil tilføre vandet noget cadmium. I visse tilfælde kan WHO's grænse for drikkevand (0,01 mg Cd/l) herved blive overskredet.

Anoder til beskyttelse af beholdere

Magnesium og aluminiumanoder bruges i drikkevand. De går efterhånden i opløsning og tilføjer vandet et indhold af henholdsvis magnesium og aluminium, som er ugiftigt. Vandet indeholder i forvejen magnesium.

Emaljerede beholdere

Visse typer glasemalje afgiver bly og cadmium til vand det er i berøring med. Til varmtvandsbeholdere bør anvendes emaljer, som ikke har denne ulempe.

Andet, som evt. tilføres brugsvand*Polyphosphat og silikat*

Bruges som korrosionshæmmende stoffer i drikkevand. Er i Tyskland tilladt, men anbefales ikke anvendt af danske sundhedsmyndigheder især på grund af frygt for forveksling. Man accepterer, at vandværkerne anvender det.

Flusmiddelrester

Ved lodninger vil der efter montagen ofte findes flusmiddelrester med et stort indhold af opløst metal. Vil normalt fjernes ved kraftig udspuling af anlægget.

Opløsningsmidler

Plastbelagte og malede varmtvandsbeholdere kan afgive spor af opløsningsmidler i starten.

Plast

Risikoen for afgivelse af giftige metaller og opløsningsmidler fra plast er en af grundene til, at plast til vandinstallationer skal være af godkendt type.

Brugsvandsanlæg

Udvendig korrosion

Brugsvandsinstallationer ødelægges sjældent af korrosion fra ydersiden. Varmforzinket stål vil normalt som fritliggende installation ligge tørt, og der er da ingen korrosionsrisiko. Hvis et varmforzinket stålør udsættes for stadig fugtighed (kondensvand, fugtige byggematerialer eller andet) vil det korrodere. Varmforzinket stål skal i følge Ingeniørforeningens forskrifter ved rørføring gennem etageadskillelse eller væg omslutes af bøsning. Bøsningen vil yde beskyttelse mod udvendig korrosion, idet den hindrer at røret er i kontakt med eventuelt fugtigt byggemateriale. Rør som føres skjult skal normalt være udført i kobber, og dette er meget bestandigt mod udvendige angreb også selv om miljøet til tider er fugtigt. I kontakt med kobber må dog undgås sulfidholdigt materiale (f. eks. slagge) og ammoniakholdigt materiale.

Rustfrit stål til koldt vand er vældig bestandigt mod udvendig korrosion under alle forhold; mens varmtvandsrør kan udsættes for spændingskorrosion (se nærmere under brugsvand, rustfrit stål). Om udvendig korrosion af rørinstallationer se endvidere centralvarme, udvendig korrosion.

Centralvarmeanlæg

Indvendig korrosion

I centralvarmeanlæg skal vandet være iltfrit, da det ellers vil tære først radiatorerne (fig. 13) og senere måske også rørene.

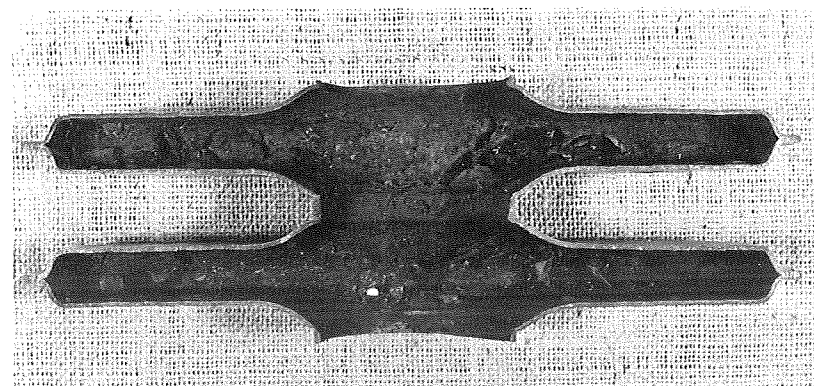


Fig. 13. Grubetæringer i bunden af pladejerns radiator som følge af cirkulation gennem ekspansionsbeholderen. Alder 3 år.

Iltilgang

ilt kan tilføres anlægget gennem ekspansionsbeholder, spædevand og undertiden fra pumper.

Ekspansionsbeholderen skal være åben til atmosfæren, og vandet i beholderen bliver uundgåeligt iltholdigt; der bør derfor ikke være cirkulation gennem ekspansionsbeholderen, se fig 14. Endnu mere kritisk er dette naturligvis for trykexpansionsbeholdere, der drives med atmosfærisk luft, og her bør man i stedet anvende kvælstof. Lukkede beholdere med membran til adskillelse af vand og luft er korrosionsmæssigt den bedste løsning, og der arbejdes for tiden med godkendelse af

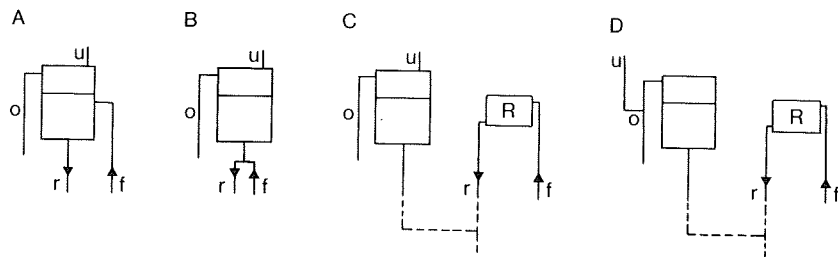


Fig. 14. f=fremløb, r=retur, o=overløbsrør, u=udluftningsrør, R=radiator eller anden opvarmning af beholderen.

A. Frostsikring ved cirkulation. Dårlig konstruktion.

B. Svag cirkulation. Bedre, men bør dog undgås.

C. Ingen cirkulation. God konstruktion.

D. Den bedste konstruktion. Hverken vand eller luft i beholderen cirkulerer.

mindre beholdere (til villaanlæg) af denne type. Et olielag på vandoverfladen i ekspansionsbeholderen er derimod uden betydning, da ilt opløses lettere i olie end i vand.

Hvis en åben ekspansionsbeholder opvarmes med et indbygget varmelegeme, bør en evt. udluftning herfra ikke føres over til beholderen medmindre det sker via en pumpe-løjløje, som med sikkerhed er høj nok til at hindre pumpen i at trykke vandet denne vej rundt.

Spædevandet er normalt iltmættet vandværksvand, og spædevandsforbruget bør derfor holdes lavest muligt. Er det årlige forbrug blot under 10 % af anlæggets vandindhold vil der næppe opstå problemer, men i modsat fald kan vandbehandling blive nødvendig.

Pumper kan undertiden suge luft ind gennem pakdåser o.l. Dette er ikke noget almindeligt fænomen, men kan i givet fald give betydelige korrosionsproblemer.

Vandbehandling

Vandbehandling er kun nødvendig, hvis man ikke kan styre ilttilgangen. På fjernvarmeværker tilsættes ofte iltbindingsmidler, enten natriumsulfit i overskud på 40–60 mg/l, eller hydrazin (NB: giftigt) i overskud på 0,5–2 mg/l. Hydrazin kan fås med tilsat katalysator, hvilket må foretrækkes ved temperaturer under 80°, hvor også overskuddet bør hæves lidt.

Der findes også stoffer, såkaldte inhibitorer, der modvirker korrosion

selv om der er ilt til stede. Nogle af disse (eks. chromat, nitrit) kan i for små koncentrationer bevirke hurtig grubetæring, men denne »farlige« egenskab kan afbødes ved opblanding med andre stoffer.

Et centralvarmeanlæg er med sine dårlige strømningsforhold og gode aflejringsmuligheder ikke særlig velegnet for inhibering, og erfaringerne er kun begrænsede. Inhibitorer bør kun anvendes, hvis der kan føres den fornødne kontrol med koncentrationerne, og rene, »farlige« inhibitorer bør ikke anvendes. Iltbindingsmidler er mindre problematiske at anvende, men naturligvis kan man kun basere korrosionsbeskyttelsen herpå, hvis der kan føres løbende kontrol med overskudsmængden.

Undertiden kan der i centralvarmeanlæg ske brintudvikling, hvilket skyldes en reaktion mellem vand og korrosionsprodukter af jern, og denne proces forløber kun med nævneværdig hastighed, hvis der er lidt opløst kobber i vandet. Brintudvikling kan derfor standses ved tilsætning af ca. 100 mg/l benzotriazol, et stof der binder opløst kobber og hindrer videre kobberopløsning.

Materialer

Til radiatorer anvendes stål og støbejern, til rør og fittings stål, kobber og kobberlegeringer. Ekspansionsbeholderen er normalt af ret tyk stålplade. Af delene i anlægget er pladejernsradiorerne langt de mest udsatte, og korrosionsproblemer i centralvarmeanlæg optræder næsten udelukkende som radiator-tæring. Støbejernsradiorer har lang levetid, selv under uheldige driftsforhold, fordi støbejern korroderer jævnt (i modsætning til stål, der grubetærer), og fordi vægtykkelsen er større. I rørene bevirker den gode gennemstrømning normalt at evt. korrosion spredes over hele røroverfladen, og selv på anlæg hvor radiatorgennemtæring er en daglig begivenhed ses kun sjældent rørtæring. I anlæg med dårlige korrosionsforhold er det dog betænkeligt at lægge tyndvæggede rør på steder, hvor udskiftning er vanskelig. Ekspansionsbeholdere af stål har normalt tilfredsstillende levetid.

Kobber og stål kan anvendes sammen uden betænkeligheder, fordi ilttilførslen er den afgørende faktor, og den tilførte ilt vil under alle omstændigheder blive forbrugt ved korrosion.

Centralvarmeanlæg

Udvendig korrosion

Med hensyn til udvendig korrosion på rør er der ingen forskel på centralvarme-, gulvvarme- og brugsvandsinstallationer. Dette vil derfor her blive behandlet under ét.

De rørmaterialer, der fortrinsvis benyttes, er stål, varmforzinket stål og kobber, men rustfri stål og plast har i de seneste år fundet en stigende anvendelse. Generelt kan det siges, at kobber og plast har så gode korrosionsegenskaber, at de kan anvendes uden specielle forholdsregler. Dette gælder også ofte for varmforzinkede rør; rustfrit stål (18/8) er også et ret bestandigt materiale, men det er følsomt for spændingskorrosion ved højere temperaturer og når inddampning af vand finder sted på overfladen (f. eks. ved utætheder). Derimod er stål ikke altid tilstrækkelig korrosionsbestandigt.

Rør i beton

Alle de nævnte rørmaterialer kan benyttes: stål dog kun under forudsætning af, at omstøbningen er god og tæt.

Årsagen hertil er, at stål i beton med tilstrækkelig højt cementindhold passiverer, dvs. det opfører sig som et ædelt metal og korroderer ikke; men hvis der er arealer hvor passiveringen ikke er opnået, kan der ske meget hurtig galvanisk korrosion af disse arealer. Korrosion kan kun ske så længe betonen er fugtig, men selv gevindrør kan under uheldige forhold nå at gennemtære indenfor betonens afhærdningsperiode.



Fig. 15. Hurtig korrosion af stål på grund af ufuldstændig omstøbning med beton. Røret er gennemtæret på få måneder.

Følgende regler skal overholdes ved indstøbning af stålrør i beton, hvis man vil være sikker på at undgå korrosion:

1. Betonen bør have et cementindhold på min. 350 kg/m³. Den bør proportioneres til stiv, plastisk konsistens og med en maksimum stenstørrelse, der ikke overstiger halvdelen af den mindste afstand fra røroverfladen til støbeskel eller betonoverflade. Hvis der benyttes cementmørtel bør blandingsforholdet være 1:3 efter rumfang. Luftindblandingsstoffer og plastificeringsstoffer vil rigtigt benyttet give en bedre omstøbning, idet vandbehovet formindskes, ligesom betonens separationstendenser formindskes.
2. Rørene bør oplodses på afstandsklodser af cementmørtel, eternit eller massiv plast. Undertiden anvendes rørstumper til oplodsningsmateriale, og dette er ofte en udmærket løsning men kan give rustudfældninger på undersiden af dækkonstruktioner og lignende. Hvis afstandsklodserne ikke er tilstrækkelige til at opnå, at rørene ligger vandrette, kan oplodsningsen foretages med forhåndenværende materiale, når det sker under afstandsklodserne. Træ, mursten og andre fremmede materialer må ikke komme i berøring med ståloverfladen. Oplodsningsen bør samtidig foretages så robust, at afstandsklodserne ikke vælter under udstøbningen af betonen. Udstøbning af betonen bør foregå ved vibrering, og betonen bør ved udstøbningen placeres under rørene, så det sikres, at der ikke opstår stenreder eller andre støbefejl. Derefter kan vibreringen foretages f. eks. med bjælkevibrator.
3. Rørene bør være fuldstændig omsluttet af beton. Hvor frem- og returledsledningerne går ind i betonen, bør der isoleres med bøsninger eller med fedtbind, tætsluttende PVC-tape eller lignende. Når rørene føres igennem skillerum, bør udsparingerne udføres således, at betonen kan udfylde hele udsparingen og omslutte røret tæt. På store betonoverflader bør der udlægges en svindarmering over rørene, således at svindrevnerne ikke trænger helt ned til røret.
4. Gulvbetonen kan hærde ved normal temperatur, når der udlægges plastfolie, benyttes curing compound eller vandes. Hvis hærdningen ønskes accelereret, kan der sættes varme på gulvvarmeanlægget, men i så fald bør betonen ikke vandes men tildækkes.

Ved indstøbning af tyndvæggede, PVC-beklædte stålør bør PVC-kappen fjernes, hvorefter rørene indstøbes efter de ovennævnte regler. Man kan dog også indstøbe rørene uden at fjerne PVC-kappen, men kun hvis man er helt sikker på at kappen er ubrudt og ubeskadiget.

Rør i mineraluld, grus og løs Leca

Alle disse isolationsmaterialer er kemisk set inaktive overfor metallerne, men yder på den anden side heller ingen beskyttelse. Korrosion kan kun ske hvis isolationsmaterialet bliver vådt, og korrosionsforholdene vil da være næsten ens i de nævnte materialer.

Kobber- og plastrør giver normalt ingen problemer. Varmforzinkede rør kan tåle ret lange perioder med fugt, men hvis der til stadighed står vand i isolationsmaterialet vil gennemtæring før eller senere være resultatet; kontakt med cementslam bør desuden undgås. Rustfrit stål vil normalt være bestandigt i vådt isolationsmateriale, hvis der er tale om koldtvarmrør; på varmtvarmrør vil der derimod være fare for spændingskorrosion, se herom s. 13, og til skjulte, uudskeftelige varmtvarmrør bør rustfrit stål ikke anvendes.

Tykvæggede stålør vil gennemtæres på et par år eller mindre, hvis isolationsmaterialet er vådt. Rørene bør beskyttes mod kontakt med cementslam eller vand fra beton, da dette kan forårsage stærke lokale angreb; eksempelvis lægges stålør med mineraluldisolering ofte i betonlag, og mineralulden bør da bevikles med asfaltpap, der skal slutte så tæt som muligt.

Tyndvæggede stålør forholder sig principielt som tykvæggede, men de anvendes ofte med en PVC-kappe, der – så længe den er ubrudt og ubeskadiget – kan påregnes at give tilstrækkelig beskyttelse med fugt i kortere perioder. Skjulte loddessamlinger bør så vidt muligt undgås, men hvor de forekommer kan det anbefales at afrense for flusmiddelrester og bevikle tæt med fedtbind + PVC-tape. Kontakt med cementslam bør ligeledes undgås, selv om PVC-kappen og en bevikling som den nævnte i mange tilfælde vil yde tilstrækkelig beskyttelse herimod.

Tyndvæggede stålør er undertiden elforzinket udvendigt, men på grund af zinklagets ringe tykkelse gør dette ingen nævneværdig forskel i korrosionsmæssig henseende.

Rør i Leca-beton

Stålør bør ikke indstøbes i den traditionelle Leca-beton med hulrum. Leca-beton giver nemlig en ufuldstændig beskyttelse af stålet med hurtige, lokale korrosionsangreb til følge. PVC-beklædte stålør kan benyttes, hvis man er sikker på, at eventuelle samlinger er efterbevirket tæt, og at flusmiddelrester ved loddessamlinger er fjernet inden beviklingen; desuden må PVC-kappen ikke være beskadiget.

Fjernvarmeanlæg

Indvendig korrosion

Her gælder det samme som for centralvarmeanlæg, nemlig at vandet skal være iltfrit, hvis indvendig korrosion skal undgås.

De fleste fjernvarmeverker bruger betydelige mængder spædevand, og luftdrevne hydroforer anvendes i vid udstrækning. Begge dele tilfører ilt til systemet, og vandbehandling er derfor nødvendig. Hertil anvendes iltbindingsmidler, enten natriumsulfit i overskud på 40–60 mg/l, eller hydrazin i overskud på 0,5–2 mg/l (jo højere temperaturen er, jo mindre er det nødvendige overskud af hydrazin). Hydrazin er giftigt og bør ikke anvendes, hvis ikke fjernvarmevand og brugsvand overalt er adskilt af korrosionsbestandigt materiale.

Afiltning kan også ske ved hjælp af en termisk afilter, evt. suppleret med tilsætning af iltbindingsmidler.

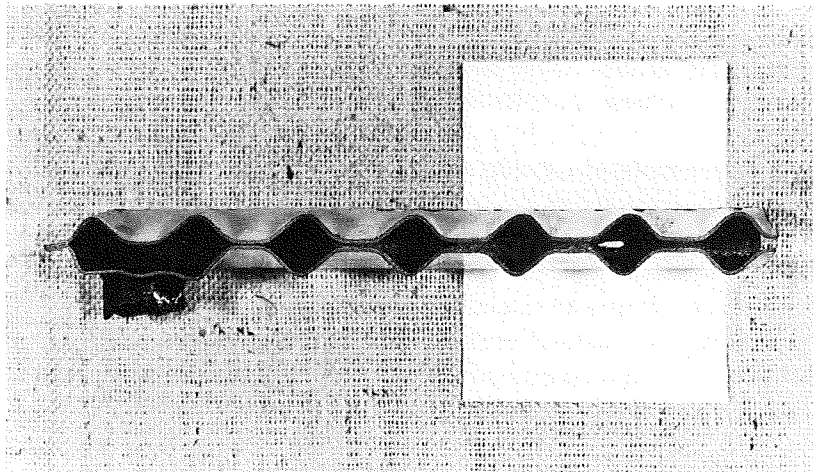


Fig. 16. Gennemtæret radiator fra fjernvarmesystem, alder 4 år. Årsagen er stort spædevandsforbrug og mangelfuld vandbehandling.

Hvis man installerer varmevekslere ved de enkelte centralvarmeanlæg, undgår man at få fjernvarmevandet gennem radiatorene, og overholdelse af vandbehandling er da ikke nær så kritisk, idet selve fjernvarmerørene sjældent gennemtæres indefra. Centralvarmeanlægget konstrueres efter de tidligere anførte regler.

Fjernvarmeanlæg

Udvendig korrosion

Bygninger

Se centralvarmeanlæg – udvendig korrosion.

Kanaler

To ting er normalt nødvendige for at jern kan ruste: ilt og fugtighed. I fjernvarmekanaler vil man bestræbe sig for at holde fugten borte, og hvis det lykkes, sker der ingen korrosion af ledningerne.

Fjernvarmekanalerne bør derfor konstrueres efter ét af to principper:

- 1) Kanalerne skal være fuldstændig vandtætte.
- 2) Stålrørene må ikke (eller kun meget kortvarigt) blive våde eller udsat for høj fugtighed.



Fig. 17. Hvis der står vand i isolationsmaterialet omkring fjernvarmerørene, vil rørene i løbet af få år være ødelagt af tæring.

Princip 1

Af de almindeligt anvendte kanaltyper er det kun de præfabrikerede (fig. 18), der tilnærmelsesvis kan betragtes som vandtætte.

Kanalerne samles gerne af elementer à 6 m's længde. Isolering og afdækning af samlingsstederne er den kritiske fase i installationsarbejdet og skal derfor udføres med behørig omhu.

Tætningen mellem elementernes kapperør og afdækningerne skal være fuldstændig tæt. (Udføres afdækningen f. eks. med PVC-krympemuffer og O-ringe (fig. 19), skal det nøje iagttages, at O-ringene er fejlfri, ligger perfekt og at de ikke beskadiges af skarpe partikler ved anbringelsen på kapperørene).

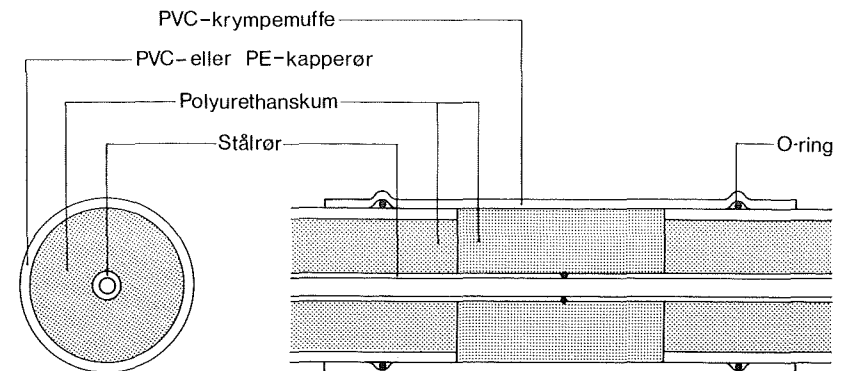


Fig. 18. Tværsnit i præisoleret fjernvarmerør.

Fig. 19. Krympemuffesamling mellem præfabrikerede fjernvarmeelementer.

Der har i tidens løb været markedsført en del fabrikater, som praktisk talt alle har bygget på de samme ideer og materialer. De skal ikke beskrives i detaljer her, men der skal gøres opmærksom på, at ikke alle kan tilbyde et tilstrækkeligt sortiment i dimensioner, bøjninger, T-er, murstensbøsninger m.m.

Princip 2

Den i meget vid udstrækning anvendte firkantede betonkanal kan i praksis ikke udføres så den bliver vandtæt.

Dette forhold udmunder i følgende krav til gode kanaler af denne type:

1. Kanalerne drænes effektivt udvendigt eller indvendigt eller begge steder.
- 2a. Isoleringsmaterialet anbringes på stålrorene således, at det ikke kan blive vådt, eller
- 2b. Isoleringsmaterialet holdes fri af stålrorene.
3. Kanalerne ventileres, så vanddampe kan slippe ud, f. eks. gennem forholdsvis tætliggende inspektionsbrønde.

ad 1): Hvis kanalbunden holdes helt fri for tværgående forhindringer, udgør denne en ideel drækanal.

En effektiv dræning omfatter permanent virkende afløb i *alle* lavpunkter, om nødvendigt i form af brønde med niveaureguleret pumpe.

ad 2a): Kravet om at isoleringsmaterialet ikke må blive vådt medfører, at isoleringen ikke må berøre kanalens ydervægge, top eller bund, at den skal dækkes af mod dryp, samt at betonkanalens bund tillader uhindret passage af mindre mængder vand til brønd eller andet afløb. Konstruktionen kan se ud som skitseret i fig. 20.

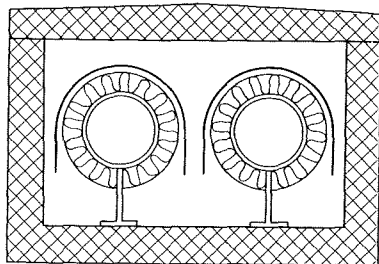
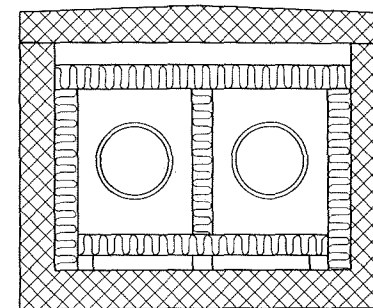


Fig. 20. Rør i betonkanal isoleret med skåle, opstillet på glidesko, isolering beskyttet mod dryp med asfaltpap eller måske bedre en svær plastfolie.

ad 2b): Forsøg har vist, at et luftrum mellem varmeisolering og stålør uafhængig af vandindholdet i isoleringen medfører så lav fugtighedsgrad ved ståloverfladen, at korrosionen kan negligeres. Isoleringsmetoden kan gennemføres f. eks. med stive plade-bats, som anbringes som skitseret i fig 21. (Bemærk opklodsningen i bunden, som holder kanalbunden fri, så en vandtransport kan finde sted).

Fig. 21. Rør i betonkanal, varmeisolering med pladebats, som ikke er i kontakt med rørene.



ad 3): Et vist fugtindhold i varmeisoleringen kan godt accepteres, såfremt denne ikke er i kontakt med stålrorene. Imidlertid betyder en fugtig isolering varmetab, og af denne grund er det ønskeligt, at kanalerne hurtigt tørrer, når eller hvis de bliver fugtige. Både af hensyn til dette forhold, af hensyn til dræningen (brønde i lavpunkter) samt af hensyn til lokaliseringen af (forhåbentlig meget få) skader skal en hyppig afsætning af brønde anbefales. Kanaltyperne i fig. 20 og 21 giver begge mulighed for ventilation.

Det bemærkes, at punkterne 2a og 2b i praksis udelukker anvendelsen af den hidtil meget anvendte skumbetonisolering. Da skumbetonen samtidig i praksis udelukker indvendig dræning, og dens passiverende virkning på stål synes at være overvurderet, bør den kun anvendes efter nøje overvejelse.

Aktiv korrosionsbeskyttelse

Som et supplement til de hidtil beskrevne passive korrosionsbeskyttelsesmetoder kunne nogle mere aktive tænkes taget i anvendelse. Der tænkes på overfladebehandling af stålrorene og på katodisk beskyttelse.

Katodisk beskyttelse er kun en sikker løsning, når det drejer sig om betonkanaler, hvis tværsnit er fyldt helt ud med gennemvådt isoleringsmateriale, eller når betonkanalerne i andre tilfælde står helt under vand. Metoden er altså kun anvendelig, hvor varmeisoleringen er meget dårlig, og bør derfor kun bringes i anvendelse, hvor det er nødvendigt for at

eliminere eller reducere igangværende voldsomme tæring. Katodisk beskyttelse og reglerne for dens anvendelse er beskrevet i »Regler for etablering og drift af anlæg til katodisk beskyttelse«, Udvalget vedrørende katodisk beskyttelse, Marts 1971; i kommission hos Teknisk Forlag.

Overfladebehandling af fjernvarmerørene er principielt en mere anbefalelsesværdig beskyttelsesmetode, men desværre er det ikke ved forsøg klarlagt, hvilke belægninger, der er bestandige under fugtige forhold ved forhøjet temperatur.

Generelt skal det fremhæves, at belægningernes holdbarhed er afhængig af rensningsgraden før påføringen. Sandblæsning vil normalt være et krav.

Anlæg for blødgjort og afsaltet vand

Indvendig korrosion

Vandtyper

Der kan skelnes mellem tre typer behandlet vand:

- 1) Blødgjort (afkalket, afhærdet, enkelt ionbyttet, kationbyttet, natriumbyttet) vand, hvor calcium og magnesium er udbyttet med natrium. Herved hindres kalkudfældning, men vandets totale saltindhold er uændret.
- 2) Afsaltet (demineraliseret, deioniseret, dobbelt ionbyttet) vand fra 2-kolonne-anlæg med kationbytter og anionbytter i hver sin filterbeholder. Saltindholdet er reduceret til nogle få mg/l.
- 3) Destilleret vand og afsaltet vand fra mixedbed filtre, hvor kationbytter og anionbytter er blandet i en filterbeholder. Saltindholdet kan bringes ned til brøkdelen af et mg/l. På grund af den meget høje renhed må materialekravene her tit skærpes yderligere i forhold til 2).

Rør

Til rør for behandlet vand anvendes følgende materialer:

Materiale	Vandtype
Varmforzinket stål	Koldt, blødgjort vand
Varmforzinket stål + elektrolyse	Varmt, blødgjort vand
Stål med belægning	Se kommentarer s. 46
Kobber	Blødgjort og afsaltet vand
Aluminium	Afsaltet og destilleret vand
Rustfrit stål ($^{16}/_8$)	Alle vandtyper
Syrefast, rustfrit stål ($^{18}/_8$ med 2-3 % molybdæn)	Destilleret vand
Plast	Koldt vand, blødgjort, afsaltet og destilleret

Kommentarer til de nævnte rørmaterialer

Varmforzinket stål kan ikke egentlig regnes for korrosionsbestandigt i blødgjort vand. Man har på vaskerier o.l. erfaring for, at varmforsinket stål ofte fungerer tilfredsstillende, men det må alligevel tilrådes at vælge mere bestandige materialer. Til afsaltet og destilleret vand kan varmforsinket stål ikke anvendes. – Se desuden omtalen af varmforsinket stål i brugsvandsafsnittet.

Varmforzinket stål + elektrolyse kan kun anvendes i varmt, blødgjort vand, og man kan da lave beholderen af alm. sort stål, da denne bliver katodisk beskyttet. Elektrolysen kræver højere strømstyrke end ved brugsvandsanlæg, og har dermed højere driftsudgifter. Se desuden brugsvandsafsnittet.

Stål med belægning. Enhver belægning skal påføres på sandblæst metaloverflade i så stor lagtykkelse, at poretæthed opnås. Den minimale lagtykkelse varierer med belægningstype og påføringsmetode, men ofte kan der regnes med ca. 300 μm . De mest aktuelle belægningsmetoder er de ovnhærdende, der udføres på specialfabrik. Se også under beholdere, s. 50.

Kobber anvendes meget og er normalt fuldt bestandigt, hvis man husker at holde strømningshastigheden under de i tabel 1 s. 12 anførte grænser, som også kan anvendes for behandlet vand. Nogle af de i brugsvandsafsnittet omtalte former for grubetæring kan tænkes at forekomme i behandlet vand, men der er så vidt vides ikke set tilfælde heraf. Om udmattelseskorrosion som følge af forkert fastspænding af rørene gælder det samme som anført i brugsvandsafsnittet, s. 13.

Behandlet vand vil altid kunne opløse små mængder kobber (max. 3–4 mg/l); dette skader ikke selve kobberrørene, men er oftest uønsket på laboratorier, hospitaler o.l., og det er også årsag til at kobber ikke anvendes til destilleret vand.

Efter kobberrør bør der hverken anvendes varmforsinket stål eller aluminium.

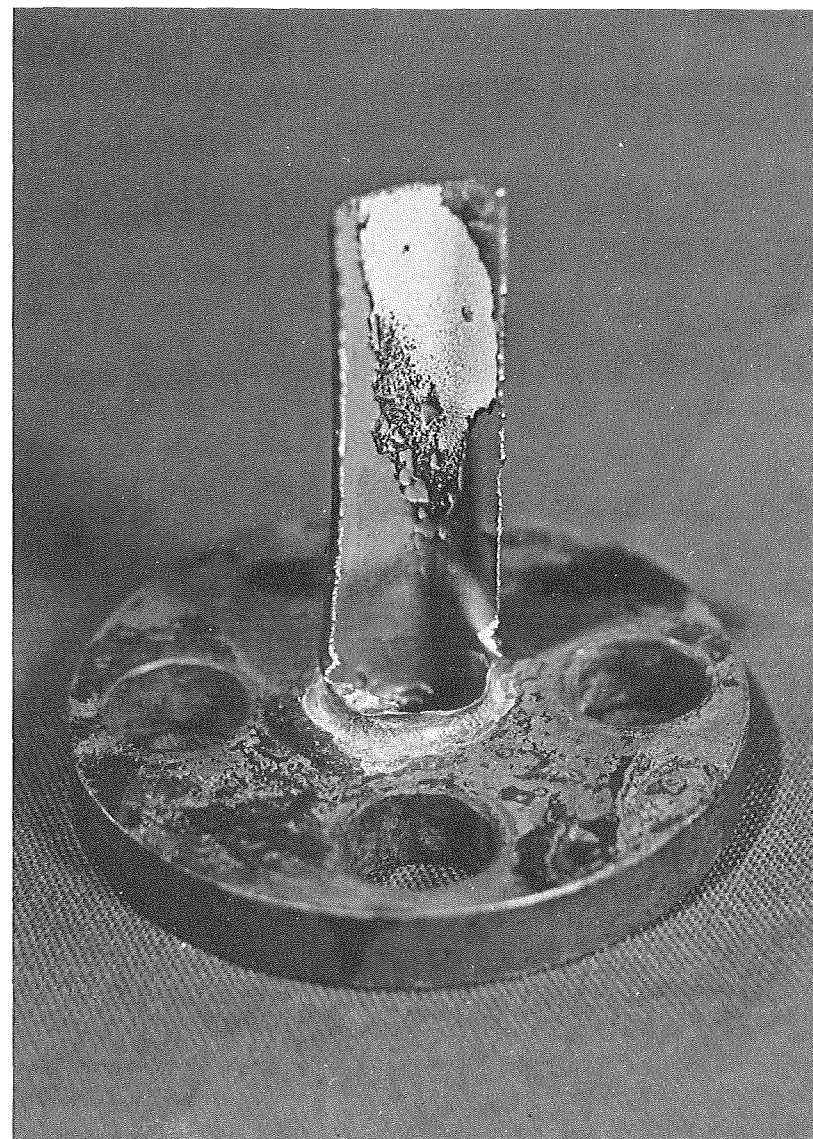


Fig. 22. Også i afsaltet vand vil kobber angribes af turbulenskorrosion, hvis strømningshastigheden er for høj. I det afbildede rørstykke har der yderligere været kraftig turbulens som følge af dimensionsændring ved flangesamlingen.

Aluminium korroderer ikke i afsaltet og destilleret vand, men kan i almindelighed ikke anvendes i blødgjort vand. En betingelse for aluminiums holdbarhed er pH-værdier omkring neutralpunktet, dvs. pH skal være mellem 5 og 8, i koldt vand dog op til 8,5. Recirkulerende blødgjort vand bliver tit basisk, fordi der afgår kulsyre, og man har f. eks. set luftvaskere, hvor aluminium tæredes meget hurtigt på grund af pH-stigning. Afsaltet vand kan i en periode efter en regeneration af ionbytterne være alkalisk, hvis skylletiden ikke har været lang nok. Vandets pH-værdi må kontrolleres, hvis der bruges aluminiumrør.

Der bør ikke anvendes kobber før aluminium, da selv ganske små mængder opløst kobber i vandet øger dets aggressivitet over for aluminium stærkt. Desuden er aluminium meget udsat for galvanisk korrosion ved kontakt med andre metaller, og man bør derfor sikre sig at der ved sådanne samlinger ikke er elektrisk ledende forbindelse mellem de to metaller; dette bør kontrolleres med et ohmmeter. Endelig tåler aluminium i reglen ikke aflejring af faste partikler, se fig. 23.



Fig. 23. Grubetæring i aluminiumrør for afsaltet vand, alder 2 år. Årsagen er aflejring af rust fra en støbejernspumpe i systemet.

Rustfrit stål 18/8 er omtalt under brugsvandsafsnittet, s. 13. Her skal blot gengives de vigtigste regler for anvendelse af rør af 18/8-stål, idet det ikke gør nogen forskel om der tænkes på brugsvand eller behandlet vand:

1. Rustfrit stål kan anvendes til alle vandtyper.
2. Til koldt vand er rustfrit stål egnet både som fritliggende og skjulte rør.
3. Til varmt vand er rustfrit stål egnet som fritliggende, men de kan – med de erfaringer, der haves i øjeblikket – ikke anbefales lagt som skjulte, ikke udskiftelige rør.
4. Vand, som siver ned på en varm rustfri ståloverflade, kan ved indampning give anledning til spændingskorrosion. Dette gælder også afsaltet og destilleret vand, da det ikke i praksis er muligt at gøre vandet totalt chloridfrit.
5. Rørinstallationer samles med lodde- eller kompressionsfittings af kobber eller rødgoods.
6. Lodning udføres normalt som blødlodning (kapillarlodning) med flusmiddel på phosphorsyrebasis. Forskrifter skal følges nøje (for høj loddetemperatur kan resultere i utætte samlinger).
7. Rustfrit stål kan anvendes sammen med varmforzinket stål uden at give forøget korrosionsrisiko for dette.
8. Rustfrit stål er et særdeles egnet materiale til varmtvandsbeholdere med varmemedier op til ca. 90°C. Det forudsættes, at konstruktionen er udført korrekt.

Syrefast rustfrit stål anvendes kun, hvor kravene til vandkvaliteten er meget strenge, og da fordi man er bange for at rustfrit stål kan give ganske små mængder nikkel i opløsning. Rørene er dyre, dels på grund af molybdænindholdet, dels fordi de ikke fås tyndvæggede. I øvrigt må de samme regler som anført ovenfor under 18/8 stål overholdes.

Plast. Der bruges PVC, PEH og PEL. Der er ingen korrosionsproblemer, men plast kan kun anvendes til koldt vand. Nyere plasttyper, f. eks. ABS, vil muligvis finde anvendelse til varmt vand, men der er endnu ikke erfaringer hermed.

Beholdere

Til beholdere anvendes:

Materiale	Vandtype
Sort stål + elektrolyse	Varmt, blødgjort vand
Stål med belægning	Se kommentarer
Kobber	Blødgjort og afsaltet vand
Rustfrit stål (¹⁸ / ₈)	Alle vandtyper
Syrefast rustfrit stål	Destilleret vand
Plast	Kun trykløse beholdere for koldt vand

Kommentarer til de nævnte beholdermaterialer

Sort stål + elektrolyse kan kun bruges til beholdere for varmt, blødgjort vand, og til rørene kan da som nævnt ovenfor bruges varmforzinket stål.

Stål med belægning. I koldt, blødgjort vand kan anvendes mange forskellige belægnings, f. eks. bitumenmaling, epoxy, PVC. Alle skal påføres på sandblæst overflade i tilstrækkelig lagtykkelse, min. ca. 300 µ for mange belægningstyper. Til varmt vand samt afsaltet og destilleret vand må anbefales de tidligere nævnte ovnhærdnende belægnings – navnlig helt rent vand stiller store krav til organiske belægnings (på grund af osmosefænomener). Endelig skal nævnes glasemalje, der i god poretæt udførelse kan anvendes til både koldt og varmt vand af alle slags; dog vil man næppe vælge emalje, hvis der er strenge krav til vandets renhed.

For rustfrit stål, syrefast rustfrit stål og kobber gælder de samme betragtninger som anført under rør. For beholdere er også andre typer rustfrit stål aktuelle, f. eks. HWT med 17 % chrom. Ved konstruktion af beholdere af rustfrit stål bør der søges sagkyndig bistand, da visse konstruktionsdetaljer kan have afgørende indflydelse på korrosionsbestandigheden. Dette er uddybet lidt nærmere i afsnittet om varmtvandsbeholdere, s. 20.

Plast anvendes meget til mindre, trykløse beholdere.

Armatur

Til armatur anvendes:

Materiale	Vandtype
Messing	Blødgjort og afsaltet vand
Rødgods	Blødgjort og afsaltet vand
Aluminium	Afsaltet og destilleret vand
Rustfrit stål (¹⁸ / ₈)	Alle vandtyper
Syrefast rustfrit stål	Destilleret vand
Plast	Koldt vand, blødgjort, afsaltet og destilleret
Stål med belægning	Alle vandtyper

Kommentarer til armaturmaterialer

Det vil være naturligt at vælge armatur af samme materiale som rørene, dog anvendes rødgods i udstrakt grad sammen med andre rørmaterialer (undtagen aluminium).

Rødgods er bestandigt i alt behandlet vand, men bør undgås hvis opløst kobber i vandet er absolut uønsket. *Messing* kan formentlig anvendes (de praktiske erfaringer er stærkt begrænsede), men der består en vis risiko for afzinkning (om afzinkning, se s. 23), navnlig i blødgjort vand med højt chloridindhold. Ligesom rødgods kan messing give lidt opløst kobber i vandet.

De øvrige armaturmaterialer er omtalt i afsnittet om rør.

Anlæg for blødgjort og afsaltet vand

Udvendig korrosion

Som hovedregel kan siges at varmforzinket stål og aluminium kun bør bruges hvor det ligger tørt mens de øvrige materialer: kobber, rustfrit stål (kun for koldt vand), messing, rødgoods og plast er bestandig i fugtige omgivelser. Se nærmere under centralvarmeanlæg, udvendig korrosion.

Luftkonditioneringsanlæg

Korrosionsproblemer i luftkonditioneringsanlæg er naturligvis især knyttet til den våde del, d.v.s. til behandlingen i luftvaskere eller luftbefugtere, hvor luftens vandindhold afpasses, så den færdig-konditionerede luft får den ønskede relative fugtighed.

Luftbefugtning

Befugtningen kan ske i en luftvasker, hvor den gængse type længe har været et kammer eller en kasse, hvorigennem luften passerer, og hvor der forstøves vand gennem et system af dyser. Vandet samles i et bundkar med svømmerstyret vandtilgang og overløb, og vandet recirkuleres ved hjælp af en pumpe. Luftvaskeren er forsynet med et eller andet afslagningsystem – som regel zig-zag formede plader, hvis opgave det er at forhindre, at vand i væskeform (som dråber) forlader luftvaskeren med luftstrømmen. Afslagningen kan også ske ved hjælp af plastmætter eller luftfiltre.

Befugtningen kan også ske i en luftbefugter, hvor vaskeprocessen ikke er så udtalt. Befugteren kan indeholde en fyldmasse, som giver vand, der strømmer ned gennem massen, en stor overflade, hvorfra fordampning sker, når luften passerer igennem.

Endelig kan befugtningen ske med lavtryksdamp, som blæses ind i luftstrømmen. Korrosionsproblemerne ved dampbefugtning kan side-stilles med de sædvanlige problemer i damp- og kondensatsystemer.

Køling af luft

Korrosion kan opstå i forbindelse med køling af luft. Når luften afkøles under sit dugpunkt, kondenserer noget af luftens vandindhold på kølefladen. Køleflader til luftkøling fremstilles gerne af kobberrør forsynet

med enten kobberribber eller aluminiumsribber. Gennem kobberrørene sendes kølemediet, som kan være vand med en temperatur på 4°C.

Man kunne frygte korrosion ved kontaktsteder mellem kobber og aluminium, når overfladen bliver våd. Når det ikke sker, skyldes det nok tildels, at aluminiumsribberne anbringes på kobberrøret, så dette helt er dækket.

Hvis en køleflade anbringes i selve luftvaskeren kan der ske korrosion af aluminium. Inddampningen af det recirkulerede vand bevirker – især hvis der er tale om blødgjort vand – en stigning i vandets alkalitet, og det alkaliske vand angriber aluminium. Her må der vælges køleflader helt af kobber.

En køleflade, anbragt i selve luftvaskeren, kan blive voksested for svampe og/eller bakterier (benævnes ofte med »algevækst«, selv om der ikke er tale om alger). Væksten giver måske ikke så meget anledning til korrosion som til dårlig lugt. Det kan blive nødvendigt at desinficere, og det må bemærkes, at de fleste desinfektionsmidler virker korroderende.

Problemer i luftbefugtelse

Langt de fleste problemer er dog som nævnt knyttet til befugtningen, og de problemer, der skal omtales, er

Korrosion,
Stendannelse og
Saltproblemer.

Korrosion viser sig især på anlægsdele af stål og forzinket stål.

Stendannelse kan ske i dyser og cirkulationspumpe og kan give anledning til alvorlige driftsforstyrrelser.

For højt saltindhold i vandet kan medføre tilstopninger, f. eks. af varmeplader og kan give saltstøv i ventilationsluften.

Problemerne må ses i relation til de materialer, der indgår i anlægget og til vandets sammensætning. Til befugtning bruges der vandværksvand, blødgjort vand eller afsaltet vand.

En medvirkende årsag til korrosionsproblemer i luftbefugtere kan være et indhold af f. eks. sure stoffer i luften. Sådanne stoffer kan vaskes

ud og akkumuleres i vandet. Det kan være svovldioxid, som føres ind med friskluften eller det kan f.eks. være syredampe fra fabrikationslokaler, hvis en del af ventilationsluften recirkuleres.

Driftsforhold i luftvaskere ved anvendelse af forskellige vandtyper

Indtil for få år siden fremstillede man altid luftvaskere af stålplade eller varmforzinket plade, og mange luftvaskere fremstilles stadig af disse materialer. Undertiden ser man bundkarret fremstillet af beton eller rustfrit stål, mens overdelen er af stålplade eller varmforzinket plade. Pladematerialet beskyttes undertiden ved en behandling med asfaltlak.

Hårdt vand

Korrosionsmæssigt klarer disse plade-luftvaskere sig nogenlunde, når der bruges hårdt vand til befugtningen. Der udfældes hurtigt et lag sten – hovedsagelig calciumcarbonat – på alle overflader, og korrosionen viser sig ofte kun i revner og sprækker, f. eks. hvor pladestykkerne er samlet eller afslagningspladerne er fastgjort. På pladematerialet må stendannelsen således siges at være ønskelig, men det samme kan bestemt ikke siges om den sten, der dannes i dyser og cirkulationspumpe. Den bevirker så store driftsforstyrrelser, at anlægget faktisk ikke kan virke efter hensigten. Det vil kræve så stor arbejdsindsats med rensninger og afsyringer, at det enten ikke bliver gjort eller bliver urimelig dyrt.

Blødgjort vand

Erstatter man vandværksvandet med blødgjort vand, forsvinder stenproblemerne, men man får så en kraftig forøgelse af korrosionen – især på jern og zink.

Vil man effektivt forhindre denne korrosion, kan man ikke nøjes med at behandle pladematerialet med asfaltlak, men må ty til mere avancerede overfladebehandlinger, f. eks. efter recepten: sandblæsning – rustbeskyttende grundmaling (f.eks. zinkstøvmaling) – og dækmaling i en tykkelse, som giver et porefrit lag. Og denne behandling må gives pladerne, inden de samles, så alle områder dækkes. Belægningen må

vedligeholdes. Hvis der viser sig et korrosionsangreb, må skaden udbedres ved påføring af ny maling efter grundig afslibning af området.

For at undgå vedligeholdelsesarbejde i størst mulig omfang, bruger man i dag ofte helt andre – korrosionssikre – materialer til anlæggene: Selve luftvaskeren kan fremstilles af glasfiberarmeret polyester (eventuelt som en laminatplade med polyurethanskum mellem to polyesterplader eller mellem en polyesterplade inderst og en metalplade yderst). Vaskeren ses også lavet af rustfrit stål. Rørsystem for det cirkulerende vand kan være af PVC. Afslagningsplader kan være af PVC eller man kan bruge måtter af nylon. Dyser fremstilles også af nylon.

Desuden kan man ved forskellige former for vandbehandling formindske eller forhindre ulemperne.

Betydningen af vandets saltindhold

Vandets samlede saltindhold fremgår af en vandanalyse, dels udtrykt som elektrisk ledningsevne – der er proportional med saltindholdet (men afhængig af saltets art) – og dels udtrykt som inddampningsrest. Københavns vandforsyning analyserer »Vand fra byledningsnettet, gennemsnit« og finder en inddampningsrest på 527 mg/l og en ledningsevne ved 12°C på $580 \mu\text{S cm}^{-1}$ (eller mikromho).

Saltindholdets betydning for vandets anvendelse i luftvaskere vil fremgå af følgende eksempel:

I en luftvasker, hvor der behandles 6000 m^3 luft pr. time, findes der en vandmængde på 300 l. Til befugtning af denne luftmængde under vinterforhold kan der bruges ca. 60 l vand pr. time (ca. 10 g vand pr. m^3 luft) og denne vandmængde forlader luftvaskeren i dampform og erstattes med frisk spædevand. Regnes der med 12 timers drift i døgnet bliver fordampningen af vand til befugtning ca. 720 l pr. døgn, og den tilsvarende mængde spædevand tilsættes.

Saltindholdet i luftvaskerens vand forøges herved med $720 \times 0,527 = 379 \text{ g}$ svarende til 1,26 g pr. l. Det betyder at hvis man starter om morgenen med rent vandværksvand med 527 mg/l salt, så har man om aftenen 1789 mg/l.

Er hårdhedsgraden 20 i vandværksvandet, vil den være steget til over 65 (hvis der ikke var udfældet noget af hårdheden, hvad der imidlertid vil være tilfældet).

For at modvirke denne forøgelse af saltindholdet må man foretage udskiftning af vand, så noget af det inddampede vand erstattes af frisk spædevand.

I blødgjort vand har man praktisk taget samme saltindhold – i vægt – før og efter blødgøringen. Man har blot ombyttet vandets Ca^{++} og Mg^{++} med Na^+ .

Kun hvis man anvender afsaltet vand, sker der ingen forøgelse af saltindholdet.

Hvis luftens indhold af vandpartikler med deres indhold af opløste salte fjernes ved afslagning eller filtrering – så luften kun medfører vand i dampform – bliver afslagningen ikke effektiv nok, så der kan slippe dråber med – eller bliver lufthastigheden så stor ($2,5 \text{ m/sec}$), at der rives vandstøv med – så vil vandets saltindhold findes som støv i luften, når vandet er fordampet. Og dette støv vil lægge sig i ventilationskanaler og i de rum, hvor luften tilføres. Saltstøvmængden vil naturligvis vokse med stigende saltindhold i vandet.

Forstøves vandværksvand eller blødgjort vand direkte i en luftkanal – uden afslagning – eller direkte i et lokale, vil hele vandets saltindhold komme ud i luften som støv. Vil man undgå det, må man bruge afsaltet vand.

Varmeflader, som er anbragt umiddelbart efter luftvaskeren, kan hurtigt tilstoppes med salt, hvis afslagningen ikke er effektiv.

Erfaringer viser, at saltindholdet i befugtningstvandet bør holdes på max. 2000–3000 mg/l for at undgå ulemper, og det forudsætter, at afslagningen er effektiv.

En bestemmelse af saltindholdet foretages let enten ved en vægtfylde-måling med aræometer eller ved måling af den elektriske ledningsevne. Ledningsevnen ved 20°C skal holdes på max. ca. 3000–5000 μS . Saltindholdet i vand har også indflydelse på vandets korrosive egenskaber. En kraftig stigning i saltindhold og dermed i elektrisk ledningsevne vil give forøget korrosion.

Udskiftning af vand

Udskiftning – eller udblæsning – af vand kan ske manuelt ved regelmæssigt at aftappe vand fra bundkarret og erstatte det med frisk vand.

Ofte ser man en kontinuerlig udskiftning enten gennem et lille hul i overløbsrøret under normal vandstand, eller man leder vandet fra en enkelt dyse til afløb. Begge metoder kan dog give unødvendigt vandspild, fordi udskiftningen ikke er gjort afhængig af vandfordampningens størrelse, som den burde være. En sådan afhængighed kan man opnå ved at afskaffe svømmerventilen til vandpåsætning og erstatte den med en magnetventil. Denne magnetventil styres af en niveauregulator, som åbner for vandtilgang ved et bestemt niveau og lukker, når et andet bestemt niveau er nået. Under hele spædningen foregår der afløb af inddampet vand gennem en anden magnetventil, også styret af niveauregulatoren. På afløbsledningen er anbragt en nåleventil, så afløbsmængden kan sættes i det ønskede forhold til spædevandsmængden.

Vandbehandling

En række former for vandbehandling bruges for at imødegå problemerne med korrosion, sten og salt i luftvaskere.

Man må generelt sige, at driften af en luftbefugter med dysesystem til forstøvning af vand ikke kan blive tilfredsstillende her i landet ved anvendelse af ubehandlet hårdt vandværksvand til befugtningen på grund af den kraftige stendannelse.

Luftbefugtere uden dyser, men med fyldmasse til fordeling af vandet vil kunne fungere upåklageligt i lange perioder selv med ubehandlet, hårdt vandværksvand. Hvis vandet recirkuleres, vil der dog ske stendannelse i bundkar og pumpe.

Fosfatdosering. Dosering af små mængder fosfat (få mg/l) ved hjælp af en såkaldt fosfatluse på tilgangen for spædevand er en nem og billig behandling. Stenafsætningen hæmmes noget, men forhindres ikke. Udblæsning må foretages. Nogen egentlig korrosionsbeskyttelse giver behandlingen ikke.

Magnetisk eller elektrisk vandbehandling er også nem og billig i drift. Behandlingen foregår i apparater med navne som Superstat, Crustex, Aquastat, Polar Water Conditioner, Purator — — —. Der har været talt og skrevet meget for og imod disse apparater. Noget rigtigt blåt stempel

har metoderne aldrig fået. Det ser ud, som om behandlingen kan hæmme dannelsen af et fast stenlag til fordel for en slamdannelse. Udblæsning må foretages. Behandlingen giver ingen korrosionsbeskyttelse.

Elektrolysebehandling af vand med aluminiumanode, der påtrykkes en lavspændt positiv jævnstrøm, forhindrer stendannelse og giver slam i stedet. Man har en effektiv katodisk beskyttelse af den del af befugteren, der er under vand. Resten er ikke beskyttet mod korrosion. Slammet må fjernes ved regelmæssige udblæsninger.

Kemikaliedosering i større mængder, hvor der er tale om en delvis blødgøring af vandet, kan forhindre stendannelse. Der kan samtidig doseres kemikalier, der virker som korrosionsinhibitorer. Udblæsning er vigtig her, hvor man stadig bidrager til en forøgelse af vandets saltindhold ved kemikaliedoseringen.

Der findes på markedet en pumpe til dosering af kemikalier. Pumpen drives af spædevandets tryk og styres af en niveauregulator. Hver gang der spædes, doseres der kemikalier (i indstillelig mængde) og udblæses der vand (ligeledes i indstillelig mængde).

Blødgøring. Korrosionsbeskyttelse af jern og zink er nødvendig, eller der må bruges befugtere af bestandigt materiale. Udblæsning må foretages.

Afsaltning. Korrosionsbeskyttelse eller bestandigt materiale. Udblæsning ikke nødvendig.

Kanaler

Luftkanalerne udføres normalt af varmforzinket stål, der er bestandigt i denne anvendelse. Det skal dog bemærkes, at man kan få korrosion af den første del af kanalsystemet såfremt afslagningen af luftstrømmen ikke er udført tilstrækkelig effektivt og luften derfor indeholder medrevne vanddråber.

Afløbsinstallationer

Indvendig og udvendig korrosion

Rør

Til afløbsinstallationer bruges i vid udstrækning ikke-metalliske materialer (plast, beton m.v.), og disse udviser, når der ikke er tale om laboratorier, fuldt ud tilstrækkelig kemisk bestandighed i denne anvendelse. Af metaller finder støbejern udbredt anvendelse, og varmforzinket stål og kobber anvendes af og til.

Støbejern

Støbejern kan stort set anvendes uden forbehold, da det udviser tilstrækkelig bestandighed både på vandsiden og, i tilfælde af nedgravning, på jordsiden. På nedgravede rør kan vagabonderende strømme, dvs. jævnstrømme der fejlagtigt afledes fra S-baner, anlæg for katodisk beskyttelse eller anden jævnstrømskilde, dog bevirke udvendig korrosion, der i uheldige tilfælde kan føre til gennemtæring. Ligeledes kan metallisk kontakt med større arealer nedgravet kobber eller andet ædelt metal skabe korrosion; dette er dog næsten uden praktisk betydning.

Varmforzinket stål

Dette materiale bør kun bruges til kortere rørstrækninger, som afleder mindre vandmængder, og som det meste af tiden er tørre. F. eks. kan forbindelser fra håndvaske, badekar o.l. til gulv afløb udføres af varmforzinket stål.

Kobber

Kobber er på grund af prisen kun aktuelt til kortere rørforbindelser. Korrosionsbestandigheden er tilstrækkelig under alle for afløbsinstallationer aktuelle forhold, se dog s. 30 om udvendig korrosion.

Regnvandsinstallationer

Til rør i jord anvendes støbejern og ikke-metalliske materialer, og om disse gælder det samme som anført ovenfor under afløbsinstallationer.

Tagrender og nedløbsrør udføres traditionelt i zink, og bestandigheden er normalt tilfredsstillende. Imidlertid kan nedfald af syreholdig sod fra nærliggende skorstene forårsage meget hurtig gennemtæring af zink, og da dette er set adskillige gange i de senere år, går man i stadig stigende grad over til at anvende plast. Aluminium har i nogen grad været benyttet, men da aluminium korroderer ved tildækning og nedfald af sodpartikler er bestandigheden af dette materiale ikke altid tilfredsstillende.

Gasledninger

Disse er omfattet af Gasreglementet af 1969 (Ministeriet for offentlige arbejder). Reglementet indeholder også bestemmelser vedrørende korrosionsbeskyttelse.

Ledninger i jord

Her gælder følgende om

3.2 Korrosionsbeskyttelse.

3.2.1 Stålrør skal korrosionsbeskyttes på en af følgende måder:

1. Bevikling på bitumen- eller tjæreunderlag, subsidiært med indlæg af glasfibre eller lignende.
2. Bevikling med bind imprægneret med mineraloliefedt eller blødgjort kunst- eller naturharpiks på bund af hessian, glasfibre eller lignende.
3. Bevikling med lag af termoplastiske kunststoffer som PVC eller Polyæthylen.
4. Bevikling med lag af duroplastiske kunststoffer som Fenolharpiks, Polyester og Epoxyharpiks.
5. Lægning i sand som supplerende beskyttelsesforanstaltning.

Asfalterede og beviklede rør skal undersøges før nedlægningen, og eventuelle skader i korrosionsbeskyttelsen skal omhyggeligt udbedres. Alle samlinger skal være prøvet og godkendt af gasleverandøren, inden korrosionsbeskyttelse af disse udføres.

3.2.2 Støbejernsrør.

Skal ikke korrosionsbeskyttes.

3.2.3 Kobberrør.

Kobberrør kan uden særlig beskyttelse lægges i almindelig jord. Såfremt kobberrør lægges i ler, tørvejord, aske, slagter eller jord, der er forurenede af affaldsstoffer fra mennesker eller dyr, skal rørene dog beskyttes som anført under 3.2.1.

Kommentar

De angivne beskyttelsessystemer giver alle en udmærket korrosionsbeskyttelse, når de er uden skader eller fejlsteder. Der opnås imidlertid ikke altid helt perfekte belægninger, hvilket medfører fare for helt lokale tæring, grubetæring, hvor korrosionshastigheden kan blive særdeles høj. Hvis ledninger af stål er i elektrisk kontakt med støbejerns- eller kobberledninger i jorden, forstærkes korrosionen gennem galvaniske effekter, og skader som den på fig. 24 viste er desværre ikke helt ualmindelige. I mange tilfælde skyldes den galvaniske korrosion at stikledninger fra den beviklede stålledning er af kobber, og her kan skaderne undgås ved at anvende plastbelagte kobberrør. En bestemmelse herom kan forventes optaget i gasreglementet.

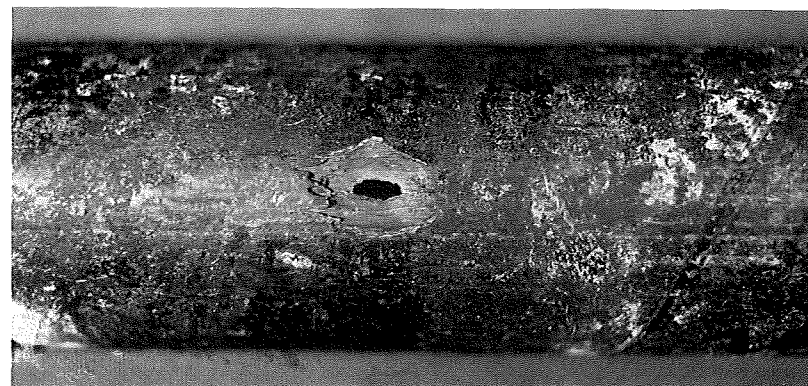


Fig. 24. Grubetæring på nedgravet gasrør af stål. Røret var beviklet, men ikke fejlfrit – hvilket sjældent opnås i praksis – og kontakt med en vandledning af støbejern har forårsaget galvanisk korrosion.

Hvis gennemtæring helt skal undgås, bør gasledninger af stål elektrisk isoleres fra andre ledninger ved hjælp af specielle muffers, fittings eller flanger og desuden beskyttes katodisk ved hjælp af en eller flere zink- eller magnesiumanoder. På grund af den krævede meget tætte (men måske ikke fejlfri) bevikling er denne form for supplerende beskyttelse enkel, billig og effektiv.

Der arbejdes pt. med ændringer i gasreglementet til imødegåelse af tærrisikoen.

Husledninger

For husledninger gælder følgende om

4.2 Korrosionsbeskyttelse.

- 4.2.1 Galvaniserede rør og fittings kræver ingen yderligere beskyttelse.
- 4.2.2 Kobberrør og -fittings kræver ikke yderligere beskyttelse.
- 4.2.3 Ubehandlede stålrør og -fittings skal altid beskyttes med rustbeskyttende maling.
Såfremt der i henhold til en bestemmelse i det følgende kræves korrosionsbeskyttelse, skal denne dog udføres på en af følgende måder:
1. Bevikling med PVC-bind eller lignende.
 2. Indstøbning i asfalt.
 3. Anvendelse af bøsningrør og mellemrummet udfyldt med neutralt materiale.

Dette har relation til følgende punkter vedrørende ledningsføringen:

- 4.3.3 Ved passage gennem etageadskillelse af beton eller træ anvendes korrosionsfaste bøsningrør anbragt på en sådan måde, at der over gulvet kan fastspændes en roset og skabes tæthed ved elastisk pakning.
- 4.3.4 Det kan tillades at indstøbe ledninger (dog ikke i skorstensvanger), når der anvendes kobberrør eller galvaniserede stålrør uden skruesamlinger, og indstøbningen foretages med sand og cement, men aldrig med kalkmørtel.
- 4.3.5 Lægges ledninger i kanaler, skal disse være ventilerede på en af gasleverandøren godkendt måde.
Stålleddninger skal være korrosionsbeskyttede.
- 4.3.6 Ledninger, der føres gennem utilgængelige eller uventilerede hulrum, skal lægges i bøsningrør, hvis indvendige diameter er mindst 1 cm større end ledningens ydre diameter; ledningen skal korrosionsbeskyttes og være uden samlinger.

Fyringsanlæg

Røggaskorrosion i kedler og skorstene

Røggassens korrosionsproblemer kan både i problemmæssig og i behandlingsmæssig henseende deles i en højtemperaturkorrosion og en lavtemperaturkorrosion. Højtemperaturkorrosionen er forholdsvis sjældent forekommende, men ses undertiden på hedefladerne i kedler, som arbejder med meget høje tryk, og mange af tilfældene er opstået, fordi temperaturen i stålet er blevet højere end planlagt på grund af belægninger på vandsiden. Lavtemperaturkorrosion er derimod udbredt fra store kedelcentralers skorstene til almindelige fyr i villaer og skyldes i næsten alle tilfælde forekomsten af svovl i brændstoffet.

Højtemperaturkorrosion

I de fleste tilfælde kan angreb ved høje temperaturer – d.v.s. 500–700°C – føres tilbage til forekomsten af letsmeltelige ternære eutektika af oxider af natrium, svovl og vanadium. Undertiden forekommer dog også klorider.

Selve korrosionsmekanismen kan næppe siges at være opklaret, men det er sandsynligt, at korrosionen opstår under en smelte af ovennævnte natriumoxider, vanadiumoxider og sulfater, idet vanadiumforbindelserne virker som et iltoverførende medium.

En effektiv behandlingsmetode består i indblæsning af magnesiumforbindelser (magnesit), som forhøjer smeltepunktet for blandingen af de nævnte oxider. Herved nedsættes reaktionshastigheden væsentligt.

Lavtemperaturkorrosion

Lavtemperaturkorrosion optræder i kedelanlæg i temperaturområdet op til 160–180°C og skyldes forekomsten af svovlsyre på ståloverfladen.

Det svovl, som findes i brændslet, vil under forbrændingen omdannes

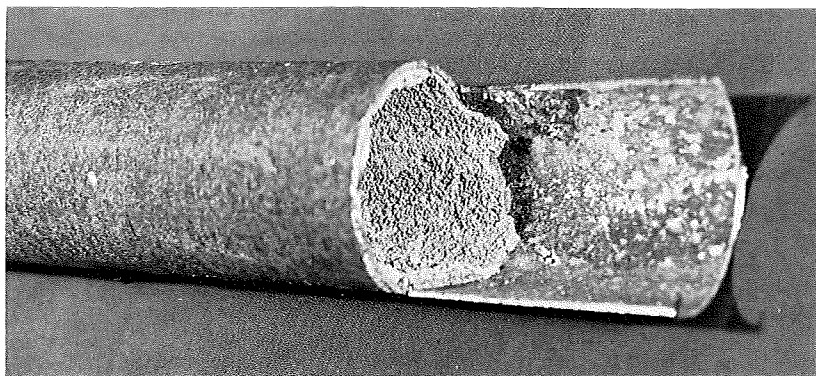


Fig. 25. Lavtemperaturkorrosion i røgrørskedel. De lyse belægninger er jernsulfater med et lille overskud af svovlsyre.

til svovldioxid, som ikke gør væsentlig skade i kedlen eller i skorstenen, men en lille del vil forbrænde videre til svovltrioxid, der sammen med de vanddamp, som findes i røggassen, kan være årsag til tæring, når der sker en fortætning af svovlsyre på ståloverfladen.

Mængden af den dannede svovltrioxid ligger på omkring 0,2–2 % af svovldioxidmængden, men afhænger iøvrigt af en hel række faktorer. Af disse kan nævnes katalysatorer som vanadinpentoxid og ferrioxid. Vanadinpentoxid kan dannes ved forbrænding af vanadiumholdige olier, og ferrioxid er en bestanddel af rust. Vanadinpentoxid er i svovlsyreproduktionen udnyttet som en katalysator.

Også luftoverskudet i selve flammen har indflydelse på den mængde svovltrioxid, der dannes, idet der ved et lille luftoverskud, d.v.s. høj CO_2 % i røgen, vil dannes en meget ringe mængde svovltrioxid, medens stigende luftoverskud vil give stigende mængder. Det må i denne forbindelse understreges, at det ikke er gennemsnittet af luftoverskuddet alene, som bevirker svovltrioxid dannelsen, men ved ujævn forbrænding kan der optræde store luftoverskud lokalt i flammen.

Ved en given mængde svovlsyre i røgen afhænger risikoen for korrosion af dugpunktet i røgen. Hvis røggassen var helt fri for svovltrioxid, ville dugpunktet være bestemt af vanddampens dugpunkt (afhængig af CO_2 % i røgen faldende fra ca. 50°C), men hvis der er svovltrioxid til

stede, vil der komme endnu et dugpunkt, nemlig svovlsyre dugpunktet, som ligger væsentligt højere – $125\text{--}150^\circ\text{C}$, se fig. 26. Som man vil se, har figuren et maksimum ved 95°C , og dette hænger sammen med, at den maksimale mængde svovlsyre fortættes ca. 50°C under dugpunktet for svovlsyren.

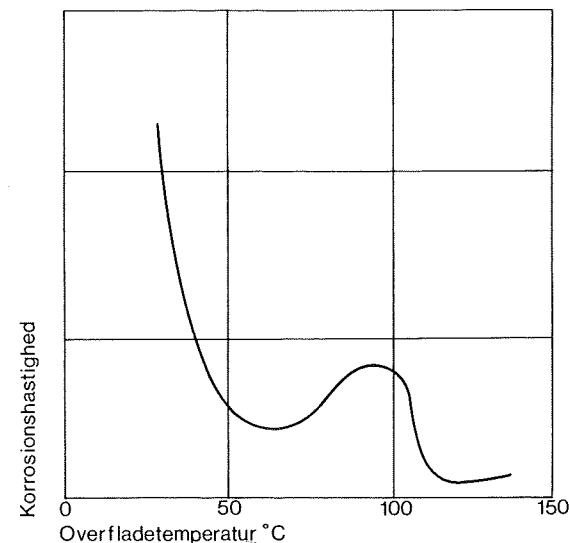


Fig. 26. Relativ korrosionshastighed som funktion af overfladetemperaturen.

På kurven findes to minima. Det første findes i området omkring 60°C , og her falder to gunstige forhold sammen. For det første er den udfældede mængde svovlsyre ret ringe, og for det andet har svovlsyren en koncentration, som ikke virker særlig kraftigt korroderende overfor jern og stål. Det andet minimum ses omkring $125\text{--}150^\circ\text{C}$, og det optræder, fordi udfældningen af svovlsyre ophører ved disse temperaturer. Det er værd at bemærke, at de omtalte temperaturer er metaloverfladens temperatur – vandtemperaturen er ofte meget lavere.

Tæringsrisikoen i kedler og skorstene kan imødegås ved en række forskellige metoder:

1. Forbrænding med lille luftoverskud.
2. Valg af rigtige overfladetemperaturer.
3. Indblæsning af magnesit.
4. Rensning af kedelfladen.

Bemærkninger til de 4 forholdsregler:

1. Det er tidligere nævnt, at et lille luftoverskud kan nedsætte dannelsen af svovltrioxid i flammen, og det er også nævnt, at det ikke er det gennemsnitlige oxygen-overskud, det drejer sig om. Det er vigtigt, at luftoverskudet er lille overalt i flammen, men selvfølgelig må luftoverskudet ikke formindskes så meget, at det går ud over forbrændingen.
2. I den udvikling, der er sket siden erkendelsen af røggastæring, har den første ting, man har peget på, været overfladetemperaturen, og det anbefales, at temperaturen af returvandet til en varmekedel bør være over 60°C, hvis ingen af kedlens hedeblader skal have en temperatur, der ligger under vanddugpunktet. Det kan vist siges, at denne forholdsregel opfyldes i de allerfleste tilfælde, men hvis kedlen skal køre med overfladetemperaturer på mere end 100°C, bør man gå helt op over svovlsyredugpunktet, d.v.s. over 150°C, se fig. 26.
3. Indblæsning af magnesit (ofte i mængder på 1–2 kg pr. t olie) vil i meget høj grad kunne neutralisere den svovlsyre, der sætter sig på kedelfladerne, og indblæsning af magnesit vil iøvrigt kunne danne nogle forholdsvis løse belægninger på kedelfladerne, som således let rengøres. Under dette punkt bør også de olieadditiver, som i nogle anlæg tilsættes for at opnå bedre forbrænding, nævnes. Korrosionscentralen har ikke nogen større erfaring med disse additivs virkning, men en række undersøgelser, foretaget på andre laboratorier, synes at vise, at ingen olieadditiver påvirker røggastæringen i større grad end fyring under iagttagelse af de her nævnte 4 punkter. Undertaget herfra er dog de additiver der hovedsagelig består af finkornet, opslemmet magnesit, da disses virkning må antages at være som ved magnesitindblæsning. En almindelig fejlkilde ved vurdering af olieadditiver er, at fyret, samtidig med afprøvningen af additiverne, bliver passet omhyggeligt, og forbrændingen derfor forbedres væsentligt. Et i forvejen velpasset fyr vil næppe have nogen gevinst ved

- anvendelsen af olieadditiver. Det bør dog nævnes at nogle af additiverne indeholder overfladeaktive stoffer, som kan påvirke dråbedannelsen i fyret væsentligt, og anvendelsen af sådanne additiver kan derfor medføre, at et ellers dårligt passet fyr vil brænde bedre.
4. Korrosionsprodukterne fra jernet danner en tynd, hård, beskyttende belægning af jernsulfater, som fremtræder hvidlige, og som ligger inderst i det tykke lag, som belægningerne på kedlerne udgør. I belægningen vil der efterhånden ophobes fri svovlsyre, som navnlig i stilstandsperioder kan give anledning til videre korrosion. Det er derfor vigtigt, at kedlerne renses hyppigt og effektivt, idet den inderste hvidlige belægning dog ikke fjernes. Efter den omhyggelige rensning bør kedlerne pudres med magnesit, der vil neutralisere den sidste rest af svovlsyre.

Måling af korrosionsrisikoen

Tidligere målinger til bestemmelse af korrosionsrisikoen i kedler har omfattet røggassens dugpunkt eller svovlsyrens fortætningshastighed som et mål for svovltrioxidindhold i røggasserne, og man har derudfra sluttet, om korrosionsrisikoen var stor eller lille.

Nu benyttes ofte en direkte bestemmelse af svovltrioxidindhold i røggasserne, idet svovltrioxidet i en bestemt mængde røggas kondenseres, hvorefter mængden kan bestemmes ved titrering.

Materialer til skorstene

Hele afsnittet om lavtemperaturkorrosion er gennemgået på basis af blødt ståls korrosionsforhold, men det har vist sig, at Cor-Ten-stål eller CCP-stål i det kritiske temperaturområde korroderer mindre end både almindeligt blødt stål og rustfri stål. Disse stål anvendes derfor en del til centralvarmekedler o. lign.

Svenske undersøgelser har vist, at de relative korrosionshastigheder i en kedel, der forbrænder olie med 2,0 % svovl, ændrer sig således, at ved 110°C korroderer blødt stål dobbelt så meget som rusttræge stål (rustfri stål ligger nogenlunde midt imellem).

Ved 140°C er korrosionen af blødt stål og rusttræge stål nogenlunde

af samme størrelsesorden, og rustfrit stål er kun en ganske lille smule bedre.

Ved 180°C er rustfrit stål en lille smule bedre, og korrosionshastigheden af de to andre stål er ens.

Det er dog værd at bemærke, at i de to lavtemperaturområder er korrosionen alligevel ganske kraftig, og levetiderne for materialerne vil være små, uanset hvilket materiale man anvender. På baggrund af dette synes der ikke at være nogen særlig fordel ved at anvende lavt legeret stål til skorstensforinger. Det er derimod væsentligt, at vægtemperaturen ved hjælp af isolering holdes over dugpunktet, idet korrosionen så er ganske lille.

Hvad angår brug af de lavtlegerede ståltyper Cor-Ten og CCP kan det altså konkluderes, at kun ved temperaturer under 100°C kan man med fordel udnytte disse ståls bedre korrosionsegenskaber. Stålene har også bedre mekaniske egenskaber, navnlig ved forhøjet temperatur, og ved temperaturer over 200–250°C kan de med fordel anvendes igen.

En sidste mulighed skal omtales. I de zoner af skorstenen, hvor temperaturen kan falde under svovlsyrens dugpunkt, er det med held forsøgt at forblive ståloverfladen, men det må understreges, at den kondenserede svovlsyre, som løber ned ad blyet, vil angribe jernet, der hvor blyforingen holder op. Der må derfor drages omsorg for passende afløbsmuligheder for kondensatet.

Olietanke

Olietankene er, hvad angår konstruktion og korrosionsbeskyttelse, omfattet af »Bekendtgørelse om kontrol med oplag af olie m.v.«, og i denne er korrosionsproblemerne vurderet, og på basis af vurderingen er reglerne udformet.

Tanke op til 100.000 l skal typegodkendes, hvilket medfører, at hver fabrikant får godkendt konstruktion og korrosionsbeskyttelse i henhold til de gældende regler, og hans produktion bliver derefter stikprøvevis kontrolleret. Tanke mellem 6.000–100.000 l fordrer ikke bare en udvendig korrosionsbeskyttelse, men også en beskyttelse af bundzonen ind-

vendigt. Denne indvendige beskyttelse er også omfattet af godkendelses- og kontrolordningerne.

Plasttanke kan også godkendes efter reglerne, og der føres også i dette tilfælde kontrol med fremstillingen.

Baggrunden for reglerne om korrosionsbeskyttelsen af ståltankene har været, at den hyppigste skadeårsag for olietanke er korrosion udefra og kun i mindre omfang korrosion indefra. Derfor er hovedvægten lagt på den udvendige beskyttelse med polyester, der er den eneste beskyttelsesform for de små tanke – hvis der fra den indvendige side i disse tanke kommer en gennemtæring, vil styrken af tanken ikke nedsættes, og den udvendige beklædning af polyester vil forhindre udsivning af olie. Men for de større tanke har man fundet det formålstjenligt at supplere korrosionsbeskyttelsen med en indvendig maling af bundzonen.

For at beskytte den korrosionsbeskyttende belægning skal tankene nedlægges i sand efter nærmere retningslinier.

Reglerne omfatter også foranstaltninger i forbindelse med allerede nedgravede tanke.

Rørledninger i forbindelse med olietanke

I korrosionsmæssig henseende skelnes der mellem suge- og returledninger, som oftest har en forholdsvis lille dimension, og påfyldnings- og udluftningsledninger af en større dimension.

Suge- og returledningerne er altid oliiefyldte, og der stilles derfor større krav til korrosionsbestandigheden af disse. Hvis de er fremstillet af stål, skal de være korrosionsbeskyttet med effektivt korrosionsbeskyttende bind, enten fedtbind eller plastbind. Det er dog også muligt at benytte ledninger af ubeskyttet kobber, men for da at sikre olietanken mod forøget korrosion på eventuelle fejlsteder, skal forbindelsen mellem kobberrørene og olietanken være elektrisk isolerende.

Påfyldningsledningen laves normalt af stål og skal da enten være varmforzinket eller i lighed med ovenstående suge- og returledninger beskyttet med fedtbind i mindst 2 mm's tykkelse eller plastbind i 0,5 mm's tykkelse. Der stilles ingen krav til korrosionsbestandigheden af udluftningsrøret.

Der er normalt ikke nogen korrosionsproblemer, når ovenstående retningslinier følges, men det har dog vist sig, at der kan opstå korrosion på kobberledninger, når disse lægges ukritisk i affald fra byggeri – der f. eks. kan indeholde store mængder chlorider – eller hvis der anvendes tøsalt i større mængde i nærheden af den nedlagte kobberledning. I sådanne tilfælde må det tilrådes at sørge for supplerende korrosionsbeskyttelse f. eks. i form af plastbelægning eller en bedre beliggenhed for kobberrørene. Endvidere bør nævnes, at beviklede stålrør i jord kan gennemtære hurtigt ved galvanisk korrosion, et fænomen der er omtalt under gasinstallationer, s. 63.

Litteraturliste

Specielt om VVS-problemer

- 1) *Kate Nielsen*: Vandsammensætningens betydning for korrosion i brugsvandsanlæg. Vandteknik aug.-okt. 1969, s. 55-60 og 71-74.
- 2) *Kate Nielsen, Finn Yding*: Et rundspørge til belysning af korrosion i brugsvandsanlæg i Danmark. VVS nr. 2, 1971, s. 53-56.
- 3) *Kate Nielsen, Finn Yding*: Korrosion af varmforzinket stål i brugsvandsanlæg. VVS nr. 3, 1971, s. 120-22 og 125.
- 4) *Kate Nielsen, Finn Yding*: Korrosionsrisiko ved anvendelse af kobber og varmforzinket stål i samme brugsvandsanlæg. VVS nr. 4, 1971, s. 158-60 og 169.
- 5) *Kate Nielsen*: Anvendelse af rustfrit stål til brugsvandsanlæg. VVS nr. 5, 1971, s. 215-21.
- 6) *Finn Yding*: Korrosion og korrosionsbeskyttelse af varmtvandsbeholdere og deres varmeplader. VVS nr. 6, 1971, s. 277-80 og 300.
- 7) *Kate Nielsen*: Korrosionsforhold for kobber og kobberlegeringer i brugsvandsanlæg. VVS nr. 7, 1971, s. 367-68 og 373-75.
- 8) *Mogens Schmidt*: Naturlovene gælder stadig. Byggeindustriens VVS nr. 7, 1965, s. 213-15 (omhandler samme problem som 4).
- 9) *Mogens Schmidt*: Afzinkningsbestandige armaturer. VVS nr. 11, 1972, s. 448-56.
- 10) *Erik Nielsen*: Korrosion af gulvvarmerør indstøbt i beton. VVS nr. 10, 1969, s. 469-73.
- 11) *Peter Olufsen*: Fjernvarmeledninger. SBI-anvisning nr. 61, 1963. I kommission hos Teknisk Forlag.
- 12) Udvalget vedrørende katodisk Beskyttelse: Regler for etablering og drift af katodisk beskyttelse. 1971. I kommission hos Teknisk Forlag.
- 13) *Finn Yding*: Gennemtæring af nedgravede gasledninger af stål, VVS nr. 9, 1971, s. 359-63.

Alment om korrosion

- 14) *Hans Arup*: Metallernes korrosion. Akademisk Forlag, København 1969, 102 s.
- 15) *Erik Nielsen*: Korrosion. Maskinmestrenes Forening, Teknisk Information nr. 15, København 1971. 57 s.

I mange VVS-installationer er det vigtigt, at man ved konstruktion og materialevalg også tager hensyn til de anvendte metaller korrosionsforhold, da man i modsat fald på kort tid kan få skader i en ellers udmærket fungerende installation. I denne publikation gennemgås de fleste af de korrosionsskader, der kan forekomme i vandanlæg (brugsvand, central- og fjernvarmevand, blødgjort vand), i luftkonditioneringsanlæg, afløbsinstallationer og gas- og fyringsanlæg. Beskrivelsen af skaderne og deres forebyggelse henvender sig til såvel rådgivende ingeniører som VVS-installatører, da forebyggelse af korrosionsskader kan og skal ske både ved projektering og udførelse af installationerne.

ISBN 87 563 0113 8