

# **Korrosjon av stål innstøpt i betong**

**Corrosion of steel encased in concrete**

**Av cand. real. ARNE KJENNERUD**

**Norges byggforskningsinstitutt**

**NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT**



Cand. real. Arne Kjennerud  
Norges byggforskningsinstitutt  
Forskningsveien 3 b  
Oslo 3

Efter de skademeldinger og oppdrag å domme som Norges byggforskningsinstitutt i den senere tid har fått, ser det ut som om skader på stål i kontakt med betong etter hvert danner en egen og spesielt viktig skadegruppe. Dette synes i særlig grad å være tilfelle når sorte rør av vanlig handelskvalitet er innstøpt i betongdekker, enten som isolerte varmetilførselsledninger til radiatorer eller som varmeavgivende element i gulv. Skader på slike anlegg kan opptre meget hurtig, og det er ikke ualminnelig at deler av rørene er så gjennomhullet at hele rørlengder må skiftes ut allerede før et nybygg tas i bruk. Skadene merkes gjerne ved at man får vannutsig i overkant av dekkene med den følge at gulvbelegget løsner og buler opp eller på annen måte skades på grunn av den basiske løsningen fra betongen. I de tilfeller hvor rørene er gjennomhullet på flere steder, vil man også kunne merke et trykkfall på varmtvannsanlegget. Skader av denne art vil alltid være meget kjedelige, dels fordi reparasjonsarbeidene ofte er kompliserte og tidkrevende og dels fordi det også kan oppstå skader andre steder i bygget som først vises flere år etterpå. Det er derfor all grunn til å ta problemet alvorlig når

man prosjekterer et slikt anlegg, så man ikke på grunn av plassmangel får utilstrekkelig overdekning av rørene.

Men hva er det som bevirker at slike skader kan opptre så hurtig — at man får gjennomhulling av selv tykkveggede stålrør i løpet av bare noen måneder? I det følgende skal vi trekke frem noen synspunkter angående korrosjon, hvilke prosesser som er medvirkende og hvilke botemidler som eventuelt kan komme på tale.

## Korrosjon

Alle metaller som anbringes i et fuktig og oksygenholdig miljø, vil undergå forandringer med tiden. Dette fordi metallene termodynamisk sett er ustabile og vil søke den form eller tilstand som energimessig er den laveste. Metallene eller grunnstoffene fremstilles av naturlig forekommende mineraler som oksyder, sulfider og silikater. Disse forbindelser må man tilføre energi for å bringe grunnstoffet over i den metalliske formen. De naturlige mineraler representerer altså en lavere energi, og dermed en langt mere stabil tilstand enn det rene metall. Det er derfor åpenbart at energitapet — fra det rene metall til det korroderte metall — må kompenseres på en eller annen måte om metallet ikke skal gå tilbake til sin opprinnelige grunntilstand igjen. Og det er dette som skjer ved en korrosjonsprosess; den drivende kraften i systemet er energiforskjellen — eller potensialforskjellen i vedkommende miljø — mellom de to tilstander grunnstoffet befinner seg i.

Termodynamiske betraktninger av korrosjonsproblemer vil bare kunne gi opplysninger om likevektstilstander og ikke fortelle noe om den tid det tar før likevekt er oppnådd. Betrakter vi systemet jern-vann, vet vi at avhengig av temperaturen er de to forbindelsene  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  og  $\text{FeO}$  stabile. Dette innebærer at sluttproduktet ved korrosjon av jern eller stål i en fuktig og oksygenholdig atmosfære alltid må være jernoksyd eller rust. At vi likevel anvender stål på steder hvor det er fuktig og av den grunn må forventes korrosjon, skyldes at likevektsreaksjonene i praksis ofte forløper langsomt og i perioder helt kan stanse opp.

Korrosjonsprosessene av jern eller

stål er som regel av elektrokjemisk natur, idet det på overflaten av metallet dannes avgrensede katodiske og anodiske områder hvor det foregår en transport av elektroner. Det oppstår med andre ord galvaniske celler. Hvis to forskjellige metaller anbringes i ledende kontakt med hverandre og nedsenkes i en elektrolytt, vil disse tilsammen danne en galvanisk celle. Metallet med det største negative potensial vil være anoden og det med laveste katoden. Antar vi som vist på fig 1 at jern og nikkell er de to metaller og elektrolytten fortynnet svovelsyre, vil jernet — fordi dette er mere elektronegativt i forhold til nikkell — bli anoden i cellen og gå i løsning som to-verdige jernjoner.  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ . De elektroner som frigjøres ved prosessen, ledes gjennom metallene og hen til overflaten av nikkellkatoden hvor de kombineres med hydrogenjoner ( $\text{H}^+$ ) fra elektrolytten og danner i første stadium hydrogenatomer ( $\text{H}$ ). Disse er ikke stabile og vil umiddelbart kombinere til molekylært hydrogen (hydrogengass —  $\text{H}_2$ ), som stiger opp.



Denne prosessen fortsetter inntil jernet er gått fullstendig i løsning.

Hvis man nå i stedet for jern-nikkell har sink-jern i kontakt med hverandre — og ellers samme forhold som før — vil sink, som er mere elektronegativt enn jern, bli anode i cellen. Sink vil gå i løsning som positive sinkjoner, og hydrogengass stiger opp ved jernoverflaten.

Reaksjonene ved anoden er altså karakterisert ved at anodematerialet går i løsning samtidig som det frigjøres elektroner. Disse transporteres gjennom metallet og samles ved katodeoverflaten og kan her brukes til å redusere tilstedeværende joner i elektrolytten. Disse to typer reaksjoner er hva vi kaller henholdsvis oksidasjon- og reduksjonsreaksjon. Hvis det ikke foregår noen reduksjon ved katoden, vil katodepotensialet forandres — det vil bli stadig mere negativt på grunn av opphoping av elektroner, og vil til slutt nå anodepotensialet. Ved denne verdi vil reaksjonene stoppe opp. Forandringene i elektrodepotensial med hensyn til forbruk av elektroner ved katoden kalles for polarisasjon. Fjerning av elektroner fra katoden nedsetter forskyvningen av elektrodepotensialet, det vil si katodens polarisasjon, og selve prosessen

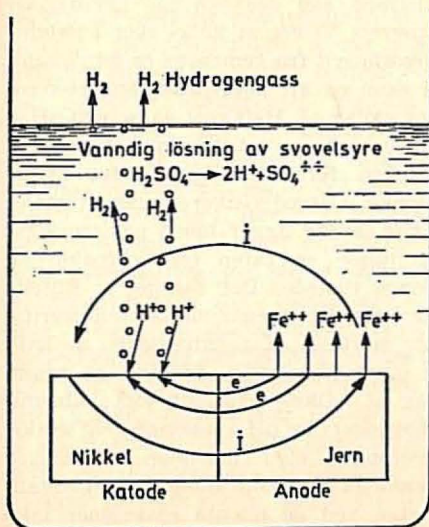
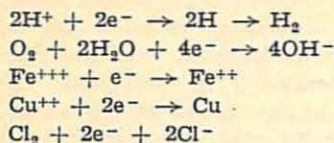


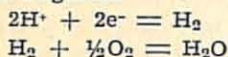
Fig. 1. Oppløsning av jern i svovelsyre i kontakt med nikkell.

kalles depolarisasjon. Reduserende stoffer virker som en depolarisator, fordi det absorberes elektroner fra katoden. Katodereaksjonene kan for eksempel være av følgende type:



og av disse vil de to første reaksjoner — reduksjon av hydrogenjoner og jonisasjon av oksygen — være de man vanligvis støter på i praksis. Den første er kjennetegnet ved utvikling av hydrogen og den andre ved absorpsjon av oksygen og dannelse av hydrokssyl.

For etablering av galvaniske celler på metalloverflater er det ingen betingelse at det er ledende kontakt mellom to forskjellige metaller. Det er tilstrekkelig at det på metalloverflaten eksisterer områder som har forskjellig potensial i forhold til hverandre i den gitte løsning eller elektrolytt. Således vil rustflak, gløde- eller sveise-skall på en ståloverflate ha en mere «edel» karakter i forhold til stålet og vil funksjonere som katode i cellen. Katodereaksjonene ved en slik celle blir da følgende:



eller med bruttokatodereaksjon lik  $2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- + \text{O}_2 = 4\text{OH}^-$ . Dette innebærer at man i nærheten av katoden får et basisk område som bevirker at jernjonene fra anodeprosessen felles ut som jernhydroksyd og i større eller mindre grad vil dekke metallet. Det dannede jernhydroksyd vil ved oksygentilførsel etter hvert omdannes til jern(III)hydroksyd eller rust.

For at en celle skal kunne virke — og dermed kunne opprettholde en strømtransport, korrosjonsstrøm, — må følgende tre betingelser være oppfylt samtidig:

- 1) Det må alltid være en elektrolytt til stede med en tilstrekkelig høy ledningsevne.
- 2) Det må eksistere potensialforskjeller på metalloverflaten.
- 3) Reaksjonene må kunne foregå uhemmet ved begge elektroder.

Vann som inneholder oppløste salter, vil vanligvis være en utmerket elektrisk leder (elektrolytt). Strømtransporten skjer her ved hjelp av joner i motsetning til metalliske ledere hvor transporten besørgeres av

elektroner. Jonene er elektrisk ladde atomer eller atomgrupper, som beveger seg gjennom vannfasen — de positive katjoner til katoden og de negative anjoner til anoden. I en betong eller mørtel inneholder porevannet alltid oppløste salter fra cementen som kalsium hydroksyd eller som tilsett kalsiumklorid. Dette vil gi vannet en tilstrekkelig ledningsevne og fungere som elektrolytt. Potensialforskjeller dannes meget lett på en metalloverflate, idet det ytterste sjiktet ofte er meget inhomogent. Likeså kan metallene inneholde forurensninger, sporstoffer av andre metaller, som i forhold til selve grunnmetallet vil være mere «edelt» og derved bli det katodiske område. Særlig viktige er de typer galvaniske celler som dannes ved inhomogeniteter av elektrolytten. Står metallet i kontakt med et medium som har forskjellige egenskaper på ulike steder, vil polarisasjonsforholdene over metalloverflaten endres og dermed også potensialforholdene. En celle av denne typen kalles en konsentrasjonscelle. Konsentrasjonsceller er særlig av betydning når man har stål innstøpt i betong. Selv om betonglaget over og rundt stålet tilsynelatende kan være jevnt tykt, vil dette allikevel ha forskjellig tetthet eller porositet slik at den luftmengden som kommer i kontakt med metalloverflaten vil være forskjellig på ulike steder. Hvor lufttilførselen eller oksygentilgangen er stor, vil man ha katodiske områder, og på steder med lavt oksygeninnhold anodeområder. En slik celle kalles også oksygen-konsentrasjonscelle. Er saltinnholdet i elektrolytten forskjellig langs etter metalloverflaten, vil dette også gi opphav til en konsentrasjonscelle.

### Passivitet

Den hastighet hvormed korrosjonsreaksjonene forløper er i alt beroende på det miljøet metallet befinner seg. Vi vet at metaller som ligger fritt i en fuktig atmosfære, vil korrodere på overflaten idet overflaten dekkes med et oksydlag eller film. Alt etter filmens beskaffenhet — som porositet, løslighetsforhold, heftfasthet til metallet etc. — vil denne film i en viss grad beskytte det underliggende metallet slik at de ovennevnte reaksjonene etter hvert går langsommere eller tilsynelatende stanser opp. Metallet fore-

ligger da i en passivert form eller sagt på en annen måte: metallet ligger innen sitt passivitetsområde i det tilhørende pH-potensialdiagram. Med begrepet passivitet forstår man en tilstand da et sterkt og motstandsdyktig overflatesjikt er dannet på metalloverflaten som gjør at metallet ikke korroderer. Mange metaller vil da også holde seg utrolig godt på grunn av dette forhold til tross for at de elektrokjemisk sett kan være meget uedle av natur. Skades imidlertid denne filmen for eksempel av temperatursvingninger, eller sår på grunn av slag, vil reaksjonene settes i gang på nytt og korrosjonen fortsette.

Stål vil som nevnt korrodere i en fuktig atmosfære og danne et belegg av det vi i daglig tale kaller rust. Dette er imidlertid ingen beskyttelse for stålet, fordi belegget er meget porøst og lett skaller av. Dessuten vil oksygen lett kunne trenge gjennom belegget ned til metallet, og reaksjonene fortsetter. Er stålet derimot innstøpt i en mørtel eller betong, vil det på grunn av de rådende forhold i mørtelen ligge innenfor passivitetsfeltet i det tilhørende pH-potensialdiagram og dermed ikke korrodere — i det minste vil reaksjonene forløpe meget langsomt. Det er dette som gjør stål så velegnet til armert betong. Cementens reaksjoner med vann skaffer tilveie nok kalk slik at pH for løsningen faller inn under passivitetsområdet.

Nå er det imidlertid mange måter hvorpå passivering av stål i en mørtel kan elimineres eller minskes og dermed øke risikoen for korrosjonsangrep. Vi vet at kalk- eller kalsiumhydroksyd fra cementen er lett løselig i vann og gir porevannet en pH-verdi på omlag 12. Hvis rent vann med pH=7 trenger inn i betongen, vil poreløsningen fortynnes og pH for denne synke. Derved risikerer man at stålet ikke lenger ligger innen passiveringsområdet, og faren for korrosjon vil være tilstede. Det samme er tilfelle dersom det foregår en karbonatisering av mørtelen. Konsentrasjonen av kalk i poreløsningen vil da avta på grunn av at kalken felles ut som kalsiumkarbonat, og pH i løsningen vil synke. Betongen eller mørtelen må derfor være så tett som mulig slik at alkaliteten ved de nevnte reaksjoner ikke avtar. Riss eller sprekker i betongen virker selvsagt også korrosjonsfremmende — ikke bare på grunn av senk-

ningen av kalkkonsentrasjonen, men likeså meget for dannelsen av de tidligere nevnte oksygen-konsentrasjonskjeder. Særlig farlig er det hvis sprekene er sammenhengende helt inn til stålet. Da vil korrosjonsproduktene lett kunne sprengte betongen, fordi betongen nettopp her er svekket på forhånd. Betongoverdekningens tykkelse synes ikke å ha noen nevneverdig innvirkning på korrosjonsreaksjonene ved plastiske konsistenser bortsett fra at man jo lettere lager en tett betong med en tykkere betongmasse, i og med at man har større mulighet for en god vibrering og komprimering. Hva cementinnholdet angår, er det en utbredt oppfatning at en cementrik blanding virker til å minske korrosjonsfaren idet man får høyere kalkinnhold og dermed en høyere alkalitet. Dette synes imidlertid ikke å være noen rimelig forklaring i og med at porevannet i betongen — uansett nesten hvor mager betongen enn er — vil være tilnærmet mettet med hensyn på kalk og derved ha tilstrekkelig høy pH. En annen side av saken er at med et relativt høyt cementinnhold vil også tettheten av den herdede massen øke.

En av de alvorligste former for korrosjon på stål er den såkalte «Pitting» eller groptæring fordi angrepene her er konsentrert på små avgrensede områder, og resultatet blir gjerne total skade på meget kort tid. Denne korrosjonsformen er meget utbredt i forbindelse med innstøpte rør i betong og kan opptre ved en rekke metaller og metall-legeringer — også rustfritt stål. Selve mekanismen — som vist på fig. 2 — er at passivering elimineres på forskjellige steder av metalloverflaten — «aktive sentra» — som spesielle korngrenser, oppstikkende spisser, og krystalldefekter. Dette fører til etablering av en galvanisk celle hvor anoden — det aktive metall — er meget liten i forhold til katoden — det passiverte metall. Den store potensialforskjell som er karakteristisk for en slik «passiv-aktiv» celle, bevirker en stor strømtetthet og dermed en hurtig nedbrytning av anoden. Det korrosjonsbestandige passiverte metall som omgir anoden og de aktiverende (passivitetsødeleggende) egenskaper av korrosjonsproduktene innenfor selve angrepsstedet er ansvarlig for den tendens denne korrosjonsformen har til å gjennomtrengte metallet fremfor å bre seg ut over et større område. Det store po-

tensialet av cellen forklares av det store effektive katodeareal som har evne til å ta opp oksygen (depolarisering) og derved vedlikeholde korrosjonsstrømmen. Groptæring er derfor kontrollert av graden av katodearealets depolariserende evne.

### Beskyttelse

Når det gjelder å hindre eller minske faren for korrosjon på metaller generelt, vil en del beskyttelsesmetoder i grunnen gi seg selv som følge av de elektrokjemiske prosesser. Det er derfor helt klart at dersom man utelukker kontakt mellom metallet og det korrosive miljøet — ved for eksempel å holde fuktighet og oksygen borte — vil ingen strømtransport kunne opprettholdes i cellen, og metallet vil holde seg like fint. Det er dette man søker oppnådd ved de forskjellige beskyttelsesfilmer ved maling, lakk og asfalt. Forutsetningen for et heldig resultat ved denne metoden er at filmen er bestandig nok og ikke brister eller krakelerer ved lang tids påvirkning. Er det først gått hull ett sted inn til metallet, er skaden uopprettelig, og det katodiske elektronforbruk vil kunne fortsette.

En annen måte å forhindre korrosjon på er som tidligere nevnt i innledningen å kompensere for energitapet ved på kunstig måte å tilføre metallet elektroner. Dette kalles for katodisk beskyttelse og kan fremskaffes ved at man kobler det aktuelle metallet til et uedlere metall som da blir anoden og vil lide tapet. Av den grunn kalles også slike anoder for offeranoder. For beskyttelse av stål kan derfor metaller som sink, magnesium eller aluminium benyttes, og disse vil da gå anodisk i oppløsning samtidig som de elektroner som skaffes til veie ved prosessen går over på stålet og bringer potentialet av dette opp til likevektspotensialet. Varigheten av denne form for beskyttelse er avhengig av mengden av det uedle metallet.

Beskyttelse av metaller kan også skje ved hjelp av en ytre påtrykt likestrømskilde som likeretter eller akkumulator, samtidig som en tillegselektrode kan tjene som anode. Metallet som skal beskyttes, kobles til den negative pol av strømkilden og blir derved katodisk polarisert. Til-

legselektroden som er forbundet med den positive pol, blir anodisk polarisert. Denne kan lages av et hvilket som helst metall — også grafitt. Anlegg med påtrykt likestrøm har den fordel fremfor anlegg med offeranoder at man lettere kan kontrollere prosessene ved å regulere strømkildens spenning.

Generelt kan man si at både offeranoder og påtrykt likestrøm som form for beskyttelse av stålrør i betong er lite egnet. Det har vært gjort en del forsøk på dette feltet, men begge metoder krever helt spesielle forhold i vannfasen og vil under normale forhold ikke komme på tale ved innstopping av rør.

Ut fra kjennskapen til de forskjellige beskyttelsesmetoder for stål kan man sammenfattet si at den beste og enkleste metoden for å bevare stål er å stope det inn i mortel eller betong. Dette er da under forutsetning av at arbeidet gjøres samvittighetsfullt slik at man overalt får god kontakt mellom mortelen og ståloverflaten. Hvis det ikke er fullstendig kontakt mellom stålet og betongen, vil stålet korrodere nettopp ved disse lommene, og korrosjonen vil være langt mere alvorlig enn om hele ståloverflaten hadde vært utildekket. Særlig i forbindelse med innstøpte rør er det meget viktig at hele ståloverflaten er i god kontakt med mortelen. Godstykkelser er jo bare noen millimeter, og er det først gått hull et sted, er skaden total. Fig. 3 viser et polerslip av korrodert stålrør. Snittflaten viser tydelig denne traktformige utbredelsen av groptæringen.

Det er også meget viktig at mortelen er så jevnt tett som mulig helt inn til ståloverflaten. En porøs mortel vil lettere kunne undergå karbonatiseringsreaksjoner med luftens karbondioksyd enn en tett mortel. Derved vil alkaliteten av mortel avta, og stålet vil ligge utenfor passivitetsområdet. Foruten dette vil også oksygentilførselen bli større ved de porøse partier som igjen fører til endringer i polarisasjonsforholdene ved stålet. Særlig utsett er rørkonstruksjoner som ett sted er i kontakt med for eksempel gassbetong og et annet sted med vanlig betong.

For innstøpte stålrør i betongdekker har en forbehandling av rørene med cementslemming i mange tilfeller vist seg som et effektivt middel til å minske faren for korrosjon. Dette

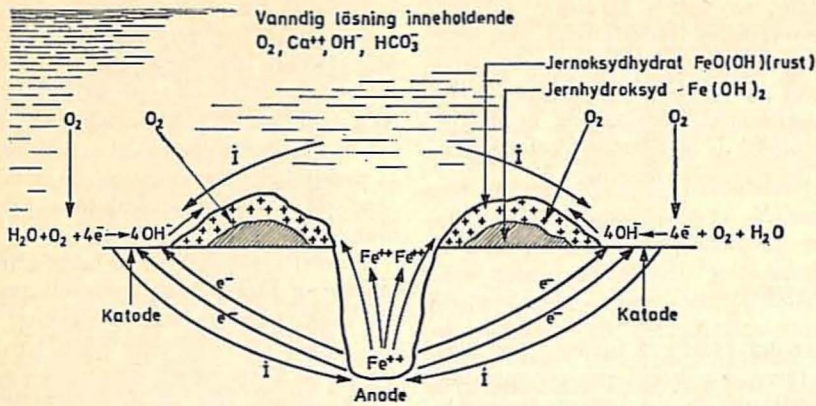


Fig. 2. Dannelse av groptæring på ståloverflate som følge av konsentrasjonselement (forskjellig konsentrasjon av løst oksygen).

Fig. 3. Polerslip som viser groptæring på innstøpt stålror — 5 måneder gammelt.

Fig. 4. Varmegivende element innstøpt i betong — 3—4 måneder gamle. Korrosjon i underkant av rørene på grunn av dårlig omstøping.

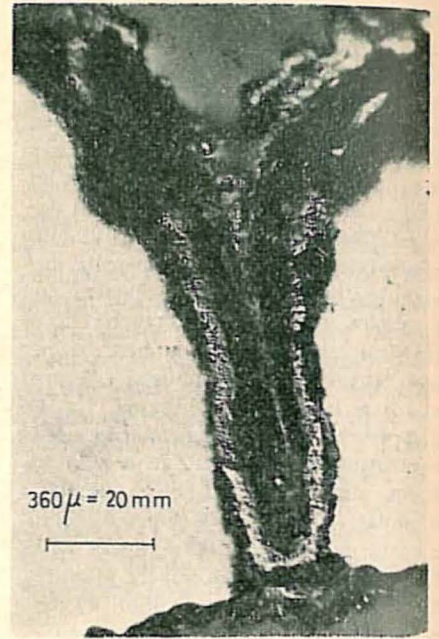
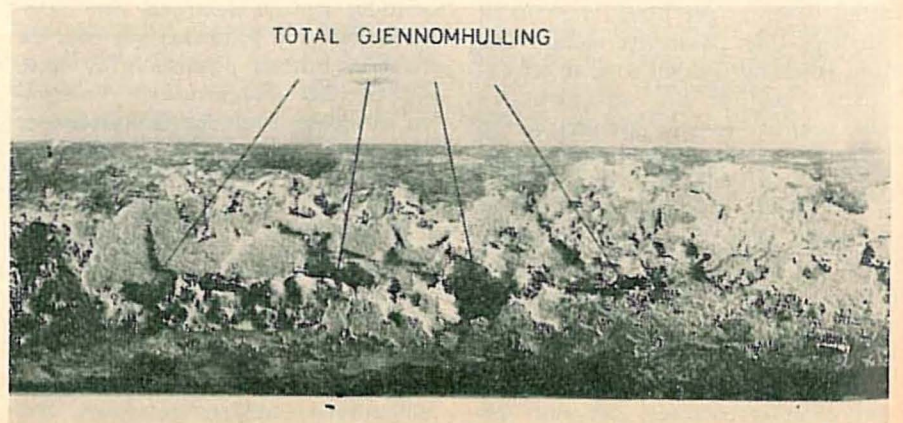
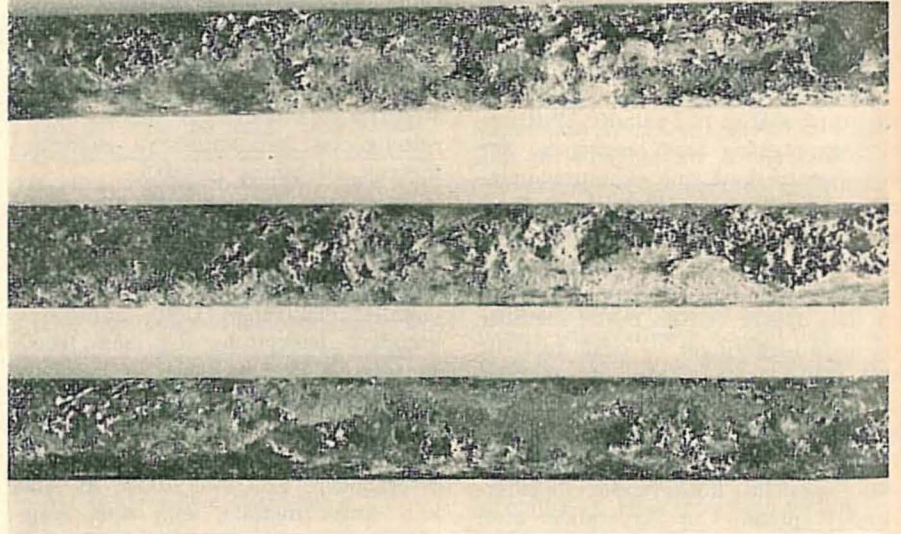


Fig. 5. Utsnitt av underside av innstøpt rør med gjennomhulling.

gjelder alle typer røropplegg, både isolerte og de som er direkte varmegivende element i gulv. Riktignok er det belegget man får dannet på denne måten ikke særlig motstandsdyktig overfor ytre påkjenninger, men det er likevel å foretrekke fremfor mange andre typer belegg eller maling som ofte brukes. Mange av disse er ikke alkaliresistente og vil lett kunne løses i kontakt med den ferske mørtelen. Forbehandlingen med cementslemming er også en fordel ut fra det faktum at en slik behandling øker heftfastheten mellom stålet og mørtelen når man siden omstøper røret.

Det viser seg nesten alltid at korrosjonsskader oppstår i underkant av rørene og meget sjeldent over og på sidene. Dette henger sannsynligvis sammen med monteringsmåten for slike anlegg. For varmesløyfer i gulv er det vanlig praksis at disse må være mest mulig i vater. Derfor blir rørsløyferne på en rekke steder festet til undergulvet før trykkprøvning og innstøping. Et slikt system blir meget stivt, og man har liten mulighet for å få «bakt» rørene tilstrekkelig inn i omstøpningsmassen. Ofte ser man ved slike anlegg at rørsløyferne er festet direkte på et avrettet undergulv.



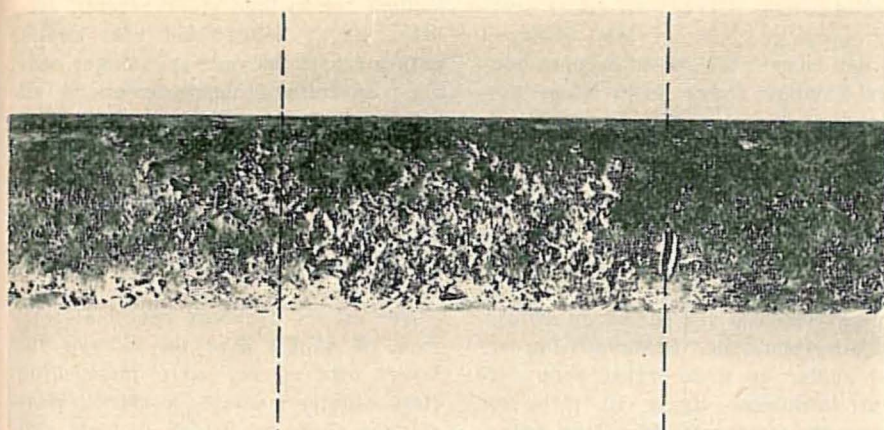


Fig. 6. Del av innstøpt varmeslynge som har vært festet til en trelist. Sterke korrosjonsangrep i anleggsflaten som er begrenset av bredden på trelist. 1 år gammel.



Fig. 7. Isolert tilførselsledning med sterke korrosjonsskader, også i overkant av røret — 6 måneder gammel.

Denne monteringsmåte må det for all del advares mot. Ved et par anledninger har vi vært vidne til at rør har vært lagt direkte på råstøpen og forankret til underlaget uten noen form for understøttelse. Skaden har her vært total etter bare noen måneder (fig. 4 og 5) og ved opphuggingen var rørene perforert i underkant i hele rørlengden. Ved en slik monteringsmåte er det helt umulig å få tilstrekkelig mørtel under, og skaden vil være uunngåelig. Ved monteringsarbeider av varmeslynger i dekker brukes det ofte trelistere som understøttelse. Dette er heller ikke noen heldig løsning. Riktignok vil man få mørtel under det meste av rørene, men akkurat i understøttelsespunktet vil det være en sone som ikke er dekket med mørtel, og det er her skadene først vil vise seg. Fig. 6 viser dette klart. Man har en korrosjonssone som svarer til dimensjonen av den brukte trelist. Trelistene vil nemlig holde på fuktigheten eller lede den annet steds fra og til kontaktpunktet med stålet. Bruk av mørtelklosser og plastikk-klosser til understøttelse av rørene synes heller ikke å være noen løsning, for uansett hvor omhyggelig man enn gjør om-

støpningsarbeidet, vil det være et område av røret som er utildekket med mørtel. Det beste synes å være at man monterer rørene på tversgående galvaniserte vinkeljern som festes til underlaget. Derved vil kontaktsonen mellom vinkeljernet og stålrøret bli meget liten, og dessuten vil galvaniseringsbelegget — om fuktighet i en periode skulle komme inn til kontaktpunktet — bli anoden i cellen og i så fall lide tapet, og ikke røret.

Ved varmeisolererte rør til radiatorer og lignende i utsparinger i dekker bør man først forvise seg om at isolasjonsmaterialene er tørre før monteringen, og dernest at man umiddelbart etterpå vikler meget omhyggelig med en alkaliresistent og vanntett tape før man støper igjen gruben. Ved en monteringsmåte som denne er det allikevel ikke til å unngå at noe vann eller fuktighet vil kunne trenge inn i isolasjonslaget og inn til stålet, og det er derfor en fordel at man så snart forholdene tillater det setter på en svak varme på anlegget slik at uttørring kan finne sted.

Istedenfor å støpe igjen utsparingene ville det være langt bedre om disse bare var tildekket med løse pla-

ter av betong eller andre materialer. Derved vil en inspeksjon — eventuell reparasjon — av rørene bli mye enklere, og dessuten ville faren for utvendig korrosjon bli betydelig redusert. Om fuktighet får anledning til å trenge inn i isolasjonslaget, enten ved kondens eller ved tilført fuktighet, vil de tidligere omtalte prosesser settes i gang, og man får et korrosjonsmønster som vist på fig. 7. Korrosjonen er her jevnt fordelt over hele roroverflaten også i overkant.

Til slutt noen avsluttede bemerkninger vedrørende direkte innstøping av stålrør. Man bør ved prosjekteringen beregne en nominell overdekning på 15 mm i overkant og 20 mm i underkant, slik at minimumsverdekningen blir 10 mm da råstøpen ofte er ujevn. Konsistens av omstøpningsmassen bør være plastisk og bør ha et  $v/c$ -forhold noe under 0,6 av hensyn til vannutskillelse. Vibrering av stålet er en fordel så sant gulvet legges ut i én operasjon. Det er her som ved vanlig armering at stål som stikker ut av delvis herdet betong, ikke må vibreres. Opplagring av rørene er nødvendig enten på stål vinkelprofiler eller galvaniserte armeringsstoler ut fra hensynet til god omstøping. Det er også viktig at festeanordningen for rørene til underlaget ikke er for stram slik at man har mulighet for bevegelse av rørene.

#### Tre spørsmål og ett svar

Mange vil bli forskrekket over den voldsomme korrosjonen i dette tilfellet, og tankene går lett videre til van-

*lig armeringsjern. Kan lignende forhold oppstå også der? Hvorledes går det når armeringsjern av forskjellige kvaliteter forbindes i en konstruksjon? Hvilken betydning har armeringsstølene?*

*Redaksjonen har forelagt disse spørsmål for forfatteren, og han svarer følgende:*

Det er selvsagt ikke noe til hinder for at samme korrosjonsform kan oppstå på armeringsstål som på omstøpte stålrør dersom forholdene eller miljøet for øvrig er det samme. Vanligvis har man ikke det samme forhold fordi man gjerne har en større overdekning og dermed bedre mulighet for vibrering — komprimering —, dessuten har man gjerne bløtere

mørtel-betong. Derved vil stålet overalt oppnå god kontakt med betongen og den basiske løsningen, og man unngår i langt større grad disse hulrommene eller lommer som nevnt.

På den annen side kjenner man nok av skadetilfeller hvor armeringsstålet er korrodert og hvor skadene ofte viser seg ved avskalling av betongen. Hjørner og kanter er særlig utsatte, og betongen sprenges på grunn av volumutvidelsen ved dannelsen av korrosjonsproduktene. Stålkvaliteten av rør spiller en underordnet rolle dersom forholdene ligger til rette for galvanisk korrosjon. Man kan naturligvis nedsette korrosjonshastigheten en del ved å bruke såkalt rustfritt stål, men dette vil neppe kunne svare seg økonomisk.

Man bør prinsipielt ikke ha kontakt

mellom forskjellige stålkvaliteter. Således vil et koldtrukket stål kunne tenkes å ha innebygde spenninger som følge av fremstillingsprosessen og vil kunne bli det anodiske område sammen med kamstål. Er det katodiske område stort i forhold til anoden — og forholdene ellers er til stede — vil dette kunne tenkes å bryte anoden relativt hurtig ned.

*Her er det åpenbart spørsmål som man til daglig ikke tar hensyn til. Svært ofte vil det være forskjellige stålkvaliteter i samme konstruksjonsdel, for eksempel bøyer av blott stål og hovedarmering av kamstål. Kombinasjonen av matter og rette stenger er heller ikke uvanlig. Hva har betongkomiteén å si til dette?*

*Red.*

