

BYGGFORSKNINGEN

---

Särtryck 11:1964

Korrosionsförsök med kolstål  
i några byggnadsmaterial  
— inverkan av korrosionsinhibitorer

av *Gustav Nilsson*

---

STOCKHOLM 1964

af August  
by

Civilingenjör  
GUSTAV NILSSON  
KTH  
STOCKHOLM

Särtryck ur **VVS** nr 11, 1963

## Korrosion hos kolstål i kontakt med kalkcementbruk av olika karbonatiseringsgrad

620.193/696.4

allmänhet räknar man med att starkt alkaliska byggnadsmaterial såsom betong och kalkbruk har ringa eller ingen korroderande inverkan på i dem inbäddat kolstål, även om fuktighet finns närvarande. Å andra sidan vet man, att lättbetong, som har en svagt alkalisk reaktion, under liknande förhållanden kan ge ett kraftigt angrepp (Nilsson 1959). När det gäller kalken som korrosionsinhiberande faktor är det emellertid klart, att den genom karbonatisering mer eller mindre snabbt förlorar sin skyddande inverkan. Detta har också påpekats på flera håll (Sneck 1961), och det finns fall från praktiken, som stöder denna uppfattning. Beträffande betong finns i en kort tidskriftsnotis (Väg- och Vattenbyggaren 1960) ett omnämnande och en bild av rostangrepp på ett järnrör, som legat i en bjälklagsfyllning bestående av sand, betongavfall och sågspån. Otivelaktigt har karbonatiserat betongavfall här spelat en viktig roll för angreppets omfattning, samtidigt som sågspånen bidragit till att hålla det hela fuktigt.

Mot denna bakgrund kan det vara av intresse att göra en *kvantitativ* jämförelse mellan aggressiviteten hos ett och samma material före och efter en betydande karbonatisering. En serie experiment i detta syfte har därför utförts inom ramen av en större undersökning av diverse korrosionsproblem, som hänger samman med värmeledningsrör. Arbetet har bekostats genom anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning till framlidne docent Uno Trägårdh och författaren gemensamt.

### Material och försöksanordning

Det byggnadsmaterial, som användes vid dessa försök, var krossat kalkcementbruk, KC 11/4. Av sådant bruk hade provcylindrar 50×50 mm gjutits vid två olika tillfällen, våren 1958 och våren 1961. Sedan cylindrarna under de första veckorna fått stå på ett fuktigt ställe, förvarades de i en laboratorielokal, där det

ej fanns andra syrabildande ämnen i luften än den vanliga halten koldioxid. Den först gjutna serien betecknas med I, den sist gjutna med II. Cylindrarna krossades, och det som gick genom en 1,4 mm sikt, användes vid försöken. Då dessa igångsattes försommaren 1961, var den ena serien provkroppar drygt tre år gammal och den andra drygt en månad. Vid samma tidpunkt delades några överblivna provkroppar av vardera slaget och brottytorna fuktades med en lösning av tymolftalein i utspädd alkohol. Denna indikatorlösning ger en mörkblå färgning vid beröring med icke karbonatiserad kalk,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , men reagerar ej med kalciumkarbonat. Man fick fram en skarp skillnad mellan I och II i färgningens omfattning och intensitet. Resultatet visas i fig. 1.

Två principiellt skilda slag av järnplåt användes. Det ena var bandjärn Sandvik I B med en kolhalt lägre än 0,1 %, det andra var bandjärn här kallat "T" med ca. 0,75 % C. Av I B användes dessutom två oli-

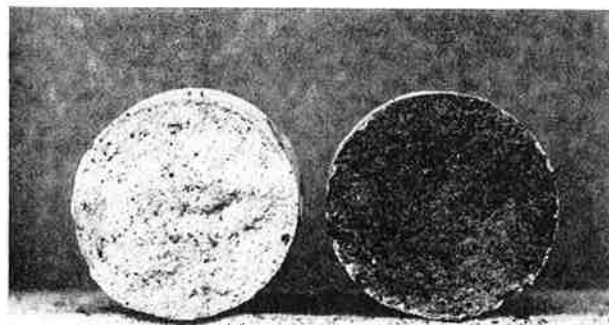


Fig. 1. Brottytorna av en cylinder nr I och en nr II efter behandling med tymolftalein.

Fracture surfaces of one cylinder No. I and one No. II after treatment with thymolphthalein.

Bruchflächen eines Zylinders Nr. I und II nach Behandlung mit Tymolphthalein.

ka tjocklekar, nämligen 0,3 och 0,5 mm. Man har skäl anta, och speciella försök har visat, att materialet i de aktuella värmeledningsrören reagerar analogt med det provade kolstålet för ändringar i det omgivande mediets sammansättning. Men givetvis får man olika sifvervärden för det kvantitativa förloppet. Här gäller det emellertid att i första hand ta reda på, vilket fyllnadsmaterial man kan använda och vilket man bör undvika.

Försöken anordnades i princip på samma sätt som de tidigare beskrivna (Nilsson 1959), där järnplåt fick rosta inbäddad i pulverformigt material, varvid det hela befann sig i en atmosfär med bestämd relativ fuktighet. Vid de nya försöken användes dock betydligt rymligare försökskärl bestående av glascylindrar 200×200 mm med plan övre kant och försedda med lock av spegelglas. Skålarna med försöksmaterial kunde nu väljas större, likaså provbitarna av järnplåt. Vid de nu aktuella serierna, där betydelsen av karbonatisering skulle undersökas, hade dessutom en triangel av aluminiumplåt blivit upphängd på lockets undersida. På denna triangel hade placerats en flat skål (Petri-skål) med fuktad bariumhydroxid,  $Ba(OH)_2$ ,  $8 H_2O$ , vars uppgift var att så snabbt som möjligt ta upp koldioxid ur luften i burken och på så sätt hindra att det pulverformiga materialet skulle ändra sammansättning under försökets gång. Det är inte troligt att denna anordning i störande grad påverkat relativa fuktigheten i burken, eftersom fuktighetsregulatorn hade en betydligt större yta.

#### Försökens utförande, observationer, resultat

De väl avfettade och uppmätta provbitarna stoppades helt ned i det i fuktkammaren befintliga pulverformiga kalkcementbruket. Vid samtliga försök hölls

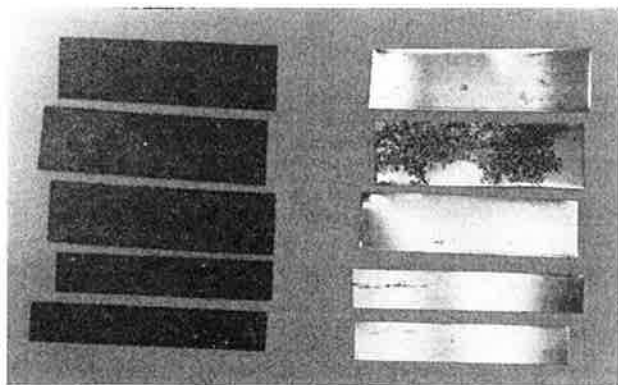


Fig. 2. De fem vänsira plåtarna har under 504 dygn förvarats i kross från material nr I; de fem högra har samma tid legat i kross från nr II. De båda smala plåtremarna i vardera gruppen utgöres av plåtensort "T".

*The five left plates have been kept for 504 days in crushings from material No. I; the other five have lain in crushings from No. II for the same length of time. The two narrow strips of plate in each group are type "T" plate.*

*Die 5 Bleche links wurden 504 Tage lang in zerkleinertem Material I und die anderen 5 in zerkleinertem Material II aufbewahrt. Die beiden schmalen Blechstreifen in jeder Gruppe stellen die Blechsorte "T" dar.*

relativa fuktigheten vid ca. 94 % med hjälp av en mättad kaliumnitratlösning. Temperaturen var 20°. Efter en tid togs plåtbitarna upp för observation och stoppades därpå ned igen. För bedömningen användes IVA's målningskala på sätt som tidigare beskrivits. Efter slutat försök avrostades provbitarna och viktsförlusten bestämdes. Man kunde då lätt beräkna rostningshastigheterna vid olika karbonatisering hos KC-bruket.

Här redovisas först några diagram över rostningsförloppet sådant det kan bedömas enligt målningskalan (Diagram 1). En bild (fig. 2) av provplåtarna från serie AB XII efter slutat försök (504 dygn) visas. Till sist några tabeller över det kvantitativa förloppet.

#### Diskussion och kontrollförsök

I tabellerna har de enskilda värdena medtagits för att man skall kunna bedöma spridningen. En sådan finns, men även där den är som störst, är den ej tillnärmelsevis av den omfattning, att den kan förrycka totalomdömet. Karbonatiseringen medför alltså en ökning av aggressiviteten med en faktor på flera hundra. En sådan effekt förefaller emellertid väl stor, vilket gör att man ser sig föranlåten att kritiskt granska uppläggningsen av hela försöket. Man finner därvid, att ett principiellt fel blivit begånget, i det att de båda serierna av provkroppar inte gjutits på samma gång av samma blandning. Som nu skedde, kan det ha funnits någon skillnad mellan ingående ingredienser, blandningsförhållanden etc., och detta kan ha haft en inverkan i gynnsam eller ogynnsam riktning på den ena eller på båda provserierna.

Man har emellertid kvar möjligheten att snabbkarbonatisera det icke aggressiva pulvret (II) och efteråt prova dess inverkan på järnplåten. Om inga oförutsedda faktorer spelat in, bör det efter en sådan behandling ge en rostningshastighet av samma storleksordning som den med I erhållna. En sådan karbonatisering utfördes med fuktig koldioxid, som fick inverka på pulver II under 10 timmar. Efteråt torkades pulvret några timmar vid 140°. Det fick beteckningen IIk och användes i serien AB XIII, där även ett försök med det tidigare provade pulvret I ingick. Omedelbart efter karbonatiseringen gav IIk ingen reaktion med tymolftalcin, men sedan det legat i *kolsyrefri* luft med 94 % relativ fuktighet under ca. 80 dygn, gav det liksom I en kraftig blåfärgning med en lösning av indikatorn i utspädd alkohol. Inget av dessa material var alltså genomkarbonatiserat. Det faktum att en alkalisk reaktion framträdde först efter en tids förvaring i fuktig luft, kan förklaras så, att den relativt lösliga kalciumhydroxiden under denna tid diffunderat ut till kornens yta. Det har nämligen påpekats (Tandberg 1943) att fuktighet kan kondenseras i kapillärer, redan innan luften blivit mättad med vattenånga. Jag skall

Diagram 1. De romerska siffrorna I och II hänför sig till det använda KC-bruket; beteckningarna 1B och T till plåtens art. De mot 1B svarande linjerna är heldragna, de mot T svarande streckade.

The Roman figures I and II refer to the lime mortar used, and the symbols 1B and T to the type of plate. The lines representing 1B are continuous, those for T broken.

Die römischen Ziffern I und II beziehen sich auf den verwendeten Kalkzementmörtel, die Bezeichnungen 1B und T auf die Blechsorte. Für 1B gelten die Strichlinien und für T gestrichelte Linien.

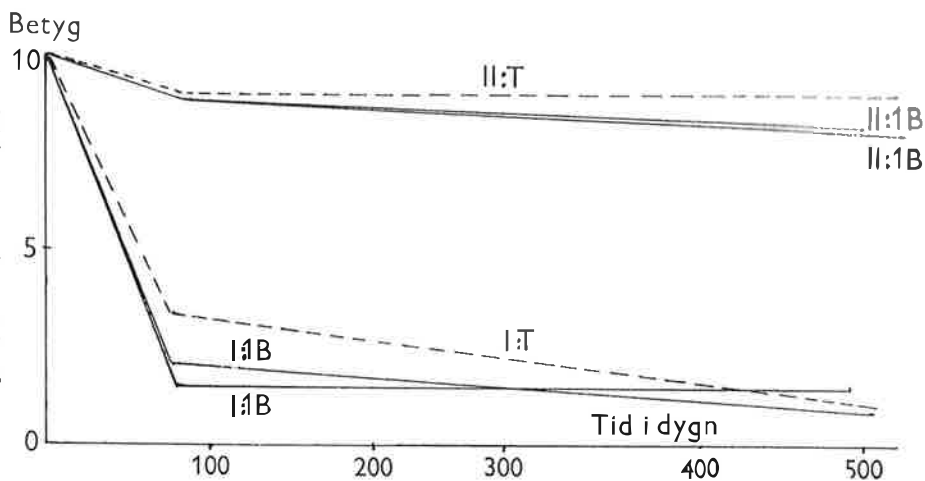
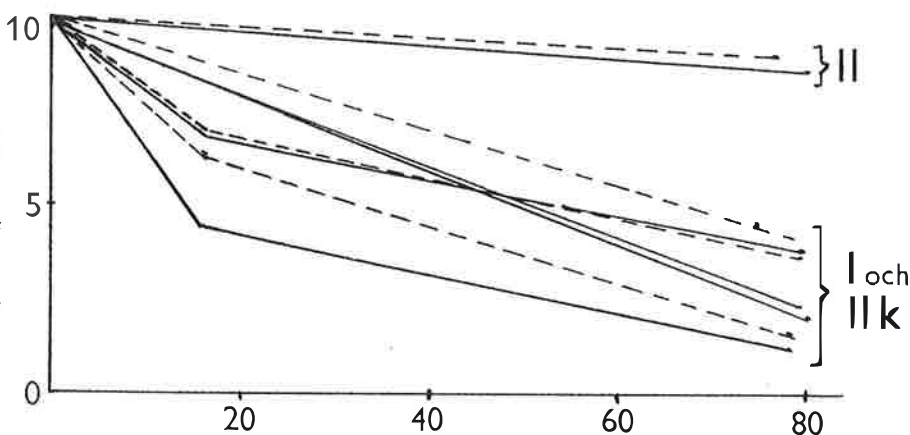


Diagram 2. Siffrorna I, II och IIk hänför sig till KC-bruket; 1B och T till plåtens art. De mot 1B svarande linjerna är heldragna, de mot T svarande streckade.

The figures I, II and IIk refer to the lime mortar, and the symbols 1B and T to the type of plate. The lines representing 1B are continuous, those for T broken.

Die Ziffern I, II und IIk beziehen sich auf Kalkzementmörtel, 1B und T auf die Blechsorte. Für 1B gelten die Strichlinien und für T gestrichelte Linien.



Tabell 1 Serie AB XI

Försökstid totalt = 487 dygn.

a	b	c	d	e	f	g
KC-bruk	Plåt-sort	Plåt-yta cm <sup>2</sup>	För-lust mg järn	För-lust mg järn per dm <sup>2</sup>	För-lust mg järn per dm <sup>2</sup> och år	Rostnings-hastighet medel-värde
I	Sandvik	44,4	481,2	1084	812,5	807
	1 B	41,3	440,1	1066	799,0	
	0,3 mm	38,4	414,7	1080	809,4	
II	Sandvik	42,8	0,3	0,7	0,5	1,7
	1 B	39,3	1,3	3,3	2,5	
	0,3 mm	37,3	1,0	2,7	2,0	

Tabell 2 Serie AB XII

Försökstid totalt 504 dygn.

a	b	c	d	e	f	g
KC-bruk	Plåt-sort	Plåt-yta cm <sup>2</sup>	För-lust mg järn	För-lust mg järn per dm <sup>2</sup>	För-lust mg järn per dm <sup>2</sup> och år	Rostnings-hastighet medel-värde
I	Sandvik	40,8	700,0	1716	1243	1150
	1 B	40,6	596,6	1469	1064	
	0,5 mm	42,6	671,9	1577	1142	
	"T"	26,7	338,1	1266	916,8	
		24,5	308,9	1261	913,2	
II	Sandvik	38,2	0,3	0,8	0,6	4,0
	1 B	41,3	6,0	14,5	10,5	
	0,5 mm	42,6	0,5	1,2	0,9	
	"T"	26,5	0,2	0,8	0,5	
		24,5	0,1	0,4	0,3	

inte här närmare gå in på karbonatiseringsförloppet utan nöjer mig med att hänvisa till en utförlig avhandling (Hinderson 1958).

En slutsats av detta försök är att KC-pulvret blir mycket aggressivt gentemot järn redan innan all fri kalk avlägsnats genom karbonatisering.

Kontrollserien AB XIII var en korttidsserie, där det huvudsakligen gällde att bestämma korrosionsförloppet i materialet IIk. Bedömningen enligt målnings-skalan presenteras i diagram 2, det kvantitativa resultatet i tabell 3. I diagram 2 har som jämförelse även

Tabell 3 Serie AB XIII

Total försökstid = 79 dygn.

a	b	c	d	e	f	g
KC-bruk	Plåt-sort	Plåt-yta cm <sup>2</sup>	För-lust mg järn	För-lust mg järn per dm <sup>2</sup>	För-lust mg järn per dm <sup>2</sup> och år	Rostnings-hastighet medel-värde
I	Sandvik	39,8	59,4	149,2	689	1200
	1 B	36,7	—	—	—	
	0,3 mm	39,6	147,4	372,2	1720	
	"T"	21,9	45,6	208,2	962	
		22,8	44,2	193,9	896	
II k	Sandvik	39,8	143,0	372,4	1743	1780
	1 B	37,9	141,7	373,9	1750	
	mm	39,9	157,6	395,0	1848	
	0,3	22,5	59,5	264,4	1237	
		23,8	60,0	252,1	1180	
	"T"	24,3	66,5	273,7	1281	

lagts in de första punkterna från AB XI och AB XII. Man finner här en tydlig uppdelning i två grupper, den ena representerande obetydligt karboniserat material (II) och den andra representerande starkt karboniserat (I och II k). Jämför vi nu resultaten i tab. 3 med dem i tab. 1 och 2, finner vi, att karboniseringen åstadkommit en mycket stor ändring av korrosionshastigheten. Man kan t. o. m. få fram faktorn 1000 om man jämför värdet 1780 för plåtsorten Sandvik 1 B, 0,3 mm i II k med värdet 1,7 för samma plåt-sort i pulver II (tabell 1). En sådan jämförelse är dock inte fullt riktig, enär korrosionshastigheten troligen minskar något med tiden. Under alla förhållanden finner man dock en drastisk skillnad mellan aggressiviteten hos de båda grupperna av material.

I förbigående kan nämnas, att man lätt kan påvisa en liknande skillnad mellan färsk betong och sådan som efter krossning blivit karboniserad.

Nu måste man emellertid hålla i minnet, att försöken enligt ovan är särskilt tillrättalagda för att ge höga rostningshastigheter samt stora skillnader mellan de olika alternativen. I praktiken är luftens relativa fuktighet en av de avgörande faktorerna, och denna är hög under och närmast efter byggtiden för att sedan avsevärt sjunka. Ett påbörjat angrepp kommer då att gå allt långsammare men kan inte väntas helt upphöra förrän vid så låga värden på relativa fuktigheten som ca 50 % (Tandberg 1942).

#### Praktiska konsekvenser

De ovan beskrivna försöken visar med all önskvärd tydlighet, att vissa från början föga aggressiva material med tiden kan bli mycket farliga för kolstål, om de krossas och sedan förvaras där luftens koldioxid har fritt tillträde. Och man torde näppeligen kunna räkna med att denna gas kan utestängas från en bjälklagsfyllning. Material av nämnda slag är sådana, där en tillräckligt hög halt av kalk,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , tjänstgör som korrosionsinhibitor. Hit hör bl. a. kalkcementbruk och betong, men även ifråga om andra är motsvarande förlopp möjligt. Sålunda bör man ställa sig skeptisk

till den argumentering, som Schwierte och Zagar (1954) använder sig av, när de påstår, att masugnsslagg och produkter därav inte medför korrosionsrisk i beröring med kolstål. De nämnda författarna framhåller här den starkt alkaliska reaktion, som färskt slaggextrakt visar. I det långa loppet torde dock två olika faktorer i detta fall verka sänkande på alkaliteten. Den ena faktorn är den ovan omtalade karboniseringen. Den andra är den genom luftens syre åstadkomna oxidationen av sulfider till sulfater. Följaktligen bör man om möjligt undvika sådana fyllnadsmaterial, som spontant undergår en förändring till det sämre. Eller bör man tillsätta inhibitorer, som kan fördröja icke önskvärda förlopp. Under alla förhållanden bör man givetvis eftersträva att hålla så låg relativ fuktighet som möjligt kring järnrören.

Med stöd av det i inledningen nämnda exemplet och på grundval av ett stort antal laboratorieförsök samt med kännedom om några i praktiken påträffade skador på rör skulle författaren slutligen vilja ge följande råd: Försök att ägna en smula uppmärksamhet åt det material, som skall användas som fyllning i bjälklag med värmeledningsrör! Ett sådant bjälklag bör inte användas som något slags soptipp, där man ostraffat kan tömma allt slags avfall. Ty även om straffet inte kommer omedelbart, kan det bli ganska kännbart.

#### Litteratur

- 1942: J. Tandberg: "När rostar en spik?" Teknisk Tidskrift 1942, häfte 12.  
 1943: J. Tandberg: "Rost och rostning." Tidning för Byggnadskonst, 1943, nr 23.  
 1954: H. E. Schwierte och L. Zagar: "Die Bindung und das Verhalten des Schwefels Hochofenschlacke und Hüttenwolle". Archiv für das Eisenhüttenwesen 25 1954, sid. 204.  
 1958: G. Hinderson: "Kalk- och kalkcementbruk, invändig puts på betong." Statens nämnd för Byggnadsforskning. Rapport nr 46.  
 1959: G. Nilsson: "Korrosionsförsök med järn inbäddat i olika slag av byggnadsmaterial". VVS 1959, nr 8.  
 1960: Väg- och Vattenbyggaren 1960, nr 3, sid. 107.  
 1961: T. Sneek: "Korrosion av järn och stål ingjutet i betong". Helsinki 1961.

UDC 620.193  
696.4

NILSSON, G.: Corrosion of carbon steel in contact with lime mortar containing varying amounts of carbonate. VVS 34 (1963) No. 10. P. 315—318.

With respect to the corrosive effects of various building materials on carbon steel, case still occur of failure to take into account the increased risk of corrosion which arises through the more or less rapid conversion to carbonate of the lime in certain binders as a result of the action of atmospheric carbon dioxide. This process reduces the protective alkalinity to the point where corrosion of the iron may occur when

the humidity of the ambient air is relatively high. The purposes of the present investigation is to demonstrate the extent to which carbonate formation can increase the corrosiveness of lime mortar. It is important that this circumstance should be recognised, for example, when the filler material to surround bare iron pipes in a framed floor is to be chosen.

DK 620.1963  
696.4

NILSSON, G.: Korrosion an Kohlenstoffstahl durch Kalkzementmörtel- verschiedener Karbonisierungsgrade. VVS 34 (1963) Nr. 10. S. 315—318.

Bei der Beurteilung der Aggressivi-

tät verschiedener Baustoffe auf Kohlenstoffstahl darf man nicht an der Tatsache vorbeisehen, dass die Korrosionsgefahr dadurch erhöht wird, dass der Kalk in gewissen Bindemitteln durch die Einwirkung des Kohlendioxids der Luft sich mehr oder weniger schnell in Karbonat verwandelt. Durch diesen Vorgang nimmt die schützende Alkalität so weit ab, dass bei relativ hoher Feuchte der Umgebungsluft ein bedeutender Angriff auf das Eisen entstehen kann. Mit dieser Untersuchung soll nachgewiesen werden, in welchem Grad eine Karbonisierung die Aggressivität des Kalkzementmörtels erhöhen kann. Dies ist z.B. bei der Wahl von Füllmaterial um blanke Eisenrohre in einer Zwischendecke wissenwert.

# Om bariumhaltiga korrosionsinhibitorer mot aggressiva sulfater

## Försök med kolstål i kontakt med sulfathaltiga byggnadsmaterial

CIVILINGENJÖR GUSTAV NILSSON, KTH, STOCKHOLM

Avsikten med här relaterade undersökningar är i första hand att finna medel och metoder att nedbringa korrosionen på värmeledningsrör, som i ett bjälklag ligger omgivna av mer eller mindre aggressiva byggnadsmaterial. Sannolikt torde dock nämnda typer av inhibitorer kunna ifrågakomma även på andra områden.

Vid användande av vattenlösliga korrosionsinhibitorer av saltkaraktär, t. ex. benzoater, för att förminska järnets korrosion genom aggressiva sulfater, kan en avsevärt förbättrad verkan uppnås, om ifrågavarande inhiberande anjon tillföres i form av ett lösligt bariumsalt. Man oskadliggör därigenom en större eller mindre del av sulfatet i form av olösligt bariumsulfat. Inhibitorer av denna typ lämpar sig bl. a. för användning inom byggnadstekniken, där sådana sulfatavgivande material som gips, slagg, kross av betong och lättbetong kan ge svårartat angrepp på järn.

Natriumbenzoat är en korrosionsinhibitor, som fått mångsidig användning för att stoppa järnets korrosion i olika medier. Den har ett antal fördelar, den är inte giftig, den är lättlöslig i vatten, har ingen större benägenhet att ge upphov till punktförmit angrepp vid otillräcklig tillsats, och vidare är den relativt billig. Det ligger nära till hands att fråga sig, om natriumjonen här spelar någon särskild roll, eller om man kan ersätta den med någon annan metalljon och eventuellt få ett salt med ännu bättre inhibitorverkan. Försök i denna riktning har utförts bl. a. av Wormwell och Mercer (1) samt av Stroud och Vernon (2), vilka inte bara provat benzoater av olika metaller utan också gjort orienterande undersökningar med salter av andra organiska karbonsyror. Dessa försök har utförts i

en omgivning, där klorider spelat en stor roll som korrosionsbefrämjande beståndsdel. Det förekommer dock, att andra salter spelar en viktig roll för korrosionens omfattning. Så är fallet bl. a. vid järnets rostning i fuktiga byggnadsmaterial såsom gips och lättbetong, men även i kross av betong och kalkcementbruk, om dessa hunnit bli mer eller mindre karbonatiserade. Här är det ofta halten lösliga sulfater, som är av betydelse för skadegörelsen på järnet.

För några år sedan gjorde förf. i samband med korrosionsundersökningar på järn i pulverformiga byggnadsmaterial (3) några orienterande experiment med korrosionsinhibitorer, däribland sådana som speciellt lämpar sig för användning i sulfathaltiga medier. Eftersom det rörde sig om enstaka försök, blev inget publicerat omedelbart. Sedermera kunde dessa försök, tack vare ett anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning till framlidne doc. Uno Trägårdh och förf., fortsättas, och de gynnsamma resultaten verifieras.

### Principen för bariumhaltiga korrosionsinhibitorer

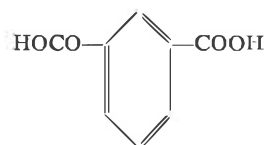
Det är allmänt bekant, att bariumsulfat har så liten vattenlöslighet, att man betecknar det som olösligt. Tillför man inhibitorer i form av lösliga bariumsalter, t. ex. natriumbenzoat, till ett medium som innehåller lösliga, aggressiva sulfater, sker följande reaktion:



Me betecknar en envärd metall, t. ex. natrium. Under praktiska förhållanden, där man kan räkna med sulfater av kalium, natrium och kalcium, är de bildade benzoaterna tillräckligt vattenlösliga för att i sin tur kunna verka som korrosionsinhibitorer. Man har alltså möjlighet att helt eller delvis, beroende på mängden tillsatt bariumsalt, avlägsna den aggressiva sul-

UDK 66.097.8:620.197.3  
fatjonen i form av en fällning, under det att den inhiberande benzoatjonen kvarstannar i lösning.

Bland de ämnen som provades på inhibitorverkan återfinns inte bara benzoater utan också salter av sorbinsyra  $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{CH} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$  och isoftalsyra



Sorbinsyra tycks inte tidigare ha blivit provad som korrosionsinhibitor, men den är bekant och använd som konserveringsmedel inom livsmedelsindustrin på grund av sin hämmande inverkan på vissa mikroorganismer. Beträffande II har däremot dess korrosionsinhiberande egenskaper blivit konstaterade även av Hersch och medarbetare (4). Både benzoesyra, sorbinsyra och isoftalsyra ger relativt lättlösliga bariumsalter.

### Försök med natriumsorbinat och bariumsorbinat

Stålmaterialet till dessa försök utgjordes dels av plåtbitar ca.  $93 \times 25 \times 0,5$  mm av Sandvik 1 B (kolhalt under 0,1 %), dels av bitar av värmeledningsrör (Virso) med en längd av 50 mm och diam. av 21 mm. Provkropparna var helt nedsänkta i de aggressiva lösningarna. Försöken utfördes vid rumstemperatur.

Följande tre lösningar användes:

A: En vid rumstemperatur till hälften mättad lösning av kalciumsulfat,  $\text{CaSO}_4$ , 2  $\text{H}_2\text{O}$  (Kahlbaum pro Analys). En mättad lösning är ca 0,2 procentig.

B: En lösning, som per liter håller samma mängd kalciumsulfat som A men dessutom 4 g natriumsorbinat.

C: Som B, men i stället för natriumsorbinat höll lösningen 4 g bariumsorbinat. Här uppkom givetvis en vit fällning vid beredning av lösningen.

Försöken med plåtbitar utfördes i

relativt låga, 1 liters konserveringsburkar av glas med 15–20 mm lösning på botten. I varje burk fanns det två provbitar, vilka låg så att de korsade varandra. Lock fanns på burkarna, men detta togs ofta av för luftning. Med lösning A anställdes försök i en burk och med vardera B och C i två burkar. Försöken pågick i 123 dygn, varpå plåtarna, som var vägda från början, togs upp, befriades från rost och vägdes ånyo. Med kännedom om ytan och viktsförlusten kunde rostningshastigheten i mg förbrukat järn per dygn och  $\text{dm}^2$  beräknas. Sålunda erhöles:

I lösning A (utan inhibitor), burk nr. 1: 6,95 resp. 5,64; medelvärde = 6,30 mg per dygn och  $\text{dm}^2$ .

I lösning B (med natriumsorbinat), burk nr. 2: 0,0089 resp. 0,352 samt i burk nr. 3: 2,765 resp. 3,602; medelvärde alltså i lösning B = 1,68 mg per dygn och  $\text{dm}^2$ .

I lösning C (med bariumsorbinat), burk nr. 4: 0,0041 resp. 0,0041 samt i burk nr 5: 0,0033 resp. 0,0081. Medelvärde alltså i lösning C = 0,005 mg per dygn och  $\text{dm}^2$ .

I betraktande av den spridning man erhåller vid korrosionsförsök, kan överensstämmelsen mellan parallellproven i lösning A sägas vara god, den i B mycket dålig och den i C återigen god. Vid ett stort antal försök med inhibitorer har det visat sig, att om mängden därav är otillräcklig, inträder korrosion efter en viss tid och kan då bli ganska snabb. Så har tydligen varit fallet i lösning B, varvid angreppet satt fart vid olika tidpunkt i burkarna 2 och 3. Självfallet är det under sådana förhållanden inte mycket värt att presentera ett medelvärde för korrosionshastigheten.

Det finns ett enkelt sätt att kvalitativt åskådliggöra skillnaden mellan rostmängderna vid de olika försöken. Förutsättningen är, att rosten befinner sig uppslamad i vätskan eller sitter löst på järnet. Man samlar upp rostslammet på ett filterpapper av lagom storlek och passande täthet. Där tvättar man ett par gånger med vatten, låter torka försiktigt och fäster fällningen med något lämpligt lim eller klister (gelatinlösning, färglös fernissa). De olika filtren kan sedan placeras på ett passande underlag, och man har så ett mönster, som kan ge en viss uppfattning om angreppets storlek i de olika fallen. Se fig. 1, där numreringen motsvarar resp. burkar, från vilka rostslammet samlats. Man jämför med siffrorna för viktsförluster enligt ovan. Att märka är, att på

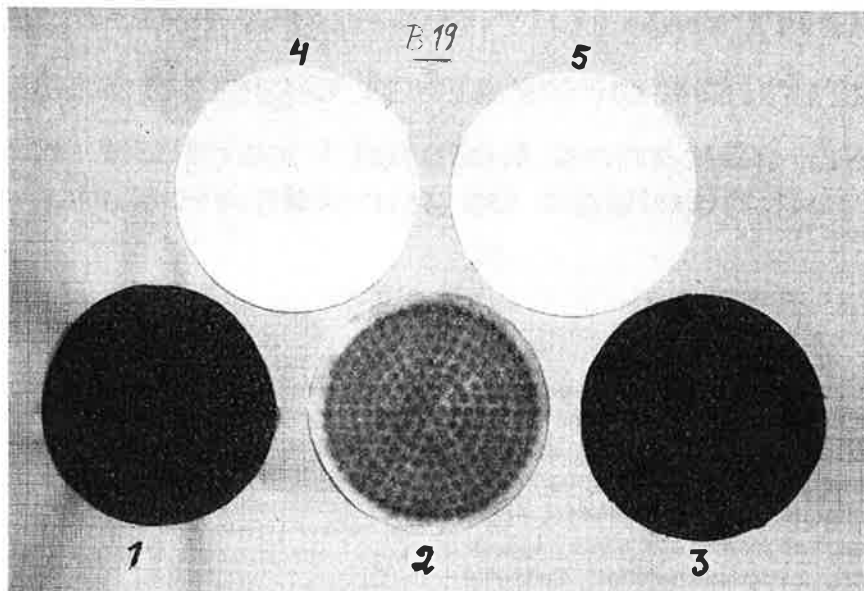


Fig. 1. Filterpapper med rostslam från järnplåtar i gipslösningar utan och med inhibitorer. 1) Utan inhibitor 2) och 3) Med natriumsorbinat 4) och 5) Med bariumsorbinat

filtrerna 4 och 5 fanns ett vitt slam (bariumsulfat), men ej så mycket rost, att detta fått någon tydlig färgning. Bariumsorbinatets överlägsenhet framträder alltså med all önskvärd tydlighet.

Försöken med värmeledningsrör utfördes med samma lösningar som ovan. Endast en rörbit användes för varje försök. Valshuden hade ej avlägsnats från rörens yta, utan de befriades endast från damm och fett. Rörändarna igenpluggades och överdrogs med en blandning av paraffin och guttaperka. Försöken utfördes i stora provrör, där lösningarna stod något över rören. Tiden var 124 dygn. I detta fall var den inhiberande effekten av natriumsorbinat mycket kortvarig och mot försöksperiodens slut föreföll detta salt ha haft en stimulerande effekt på rostningen. Bariumsorbinat stoppade angreppet under hela tiden. Någon kvantitativ jämförelse gjordes ej, men rostslammet upp-

togs på filterpapper liksom vid försöken i konserveringsburkar. På fig. 2 visar Ra slam från försök utan inhibitor, Rb med natriumsorbinat och Rc med bariumsorbinat.

#### Försök med natriumisofthalat och bariumisofthalat

Detta försök utfördes i konserveringsburkar av glas med plåtbitar Sandvik 1 B, 0,5 mm, alltså samma som vid försöket med sorbinat. Någon inhibitorfri lösning användes dock inte i detta fall. Halten gips var något högre och halten inhibitor något lägre än vid föregående försöksserie.

Lösning A: Kalciumsulfatlösning till 4/5 mättad med  $\text{CaSO}_4$ , 2  $\text{H}_2\text{O}$ , hållande dessutom 3 g natriumisofthalat per liter.

Lösning B: Som A men med bariumisofthalat i stället för natriumisofthalat.

För vardera lösningen (skikthöjd =

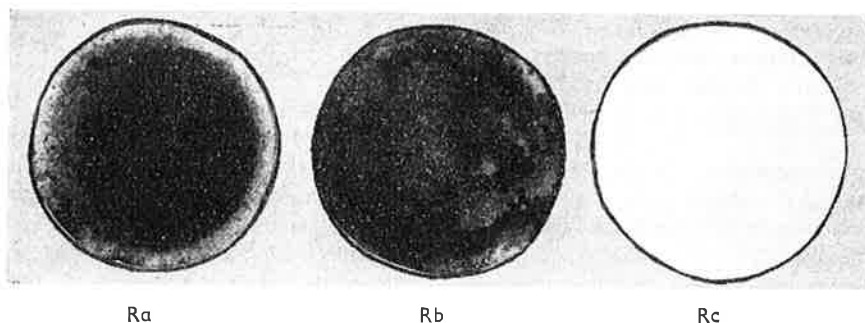


Fig. 2. Filterpapper med rostslam från värmeledningsrör i gipslösningar utan och med inhibitorer. Ra) Utan inhibitor Rb) Med natriumsorbinat Rc) Med bariumsorbinat

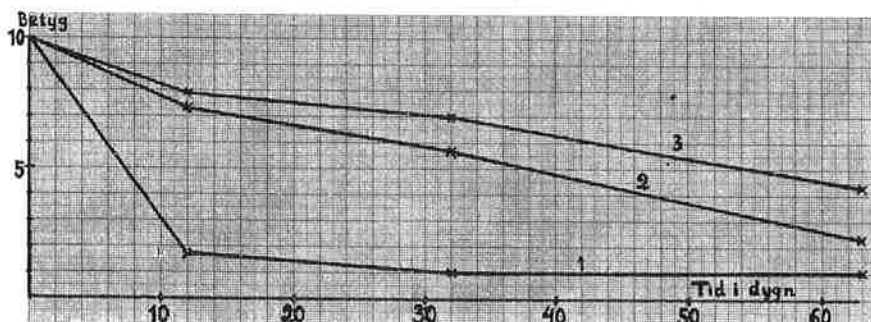


Fig. 3. Utseendet hos järnplåtar, som rostade i Ytongkross utan och med inhibitorer. Bedömning enligt IVA:s mätningsskala. Kurva 1) Ytongkross utan inhibitor 2) Ytongkross med natriumbenzoat 3) Ytongkross med bariumbenzoat

15–20 mm) användes två burkar med två provbitar i vardera. Total försökstid = 112 dygn. Vad beträffar försöksresultaten var spridningen inte så stor i detta fall.

Sålunda var rostningshastigheten i lösning A:

0,0580; 0,1598; 0,0697; 0,1197; medelvärde = 0,1013  $\approx$  0,1 och i lösning B:

0,0071; 0,0045; 0,0036; 0,0339; medelvärde = 0,0123  $\approx$  0,012 allt räknat i mg förbrukat järn per dygn och  $\text{dm}^2$ .

Alltså gick korrosionshastigheten ned till ca 1/8 om natriumisofthalat ersattes med en lika viktsmängd bariumisofthalat.

#### Försök med natriumbenzoat och bariumbenzoat

Slutligen skall redogöras för en serie, som har mera praktisk karaktär. Det rör sig om försök av det slag, som tidigare har beskrivits av förf. (3), alltså om järnets rostning i pulverformiga byggnadsmaterial. Härvid användes Ytongkross med en kornstorlek under 0,5 mm. Det hade beretts av Ytong med volymvikten 0,4. Tre olika försöksserier utfördes med plåtbitar av Sandvik 1 B, 0,3 mm, nedbäddade i materialet och med en rel. fuktighet i den omgivande luften av ca 94 % (över mättad kaliumnitratlösning). I varje serie fanns fyra plåtbitar. Till den första serien begagnades Ytongkross utan tillsats, till den andra kross, som innehöll 3 g natriumbenzoat, och till den tredje kross, som på 300 ml. höll 3 g bariumbenzoat. Benzoaterna hade införlivats med Ytongkrosset genom att detta indränkts med 100 ml. av resp. lösningar och sedan torkats i lindrig värme. Försökstid = 63 dygn. Under den tid

försöken pågick togs plåtarna upp ett par gånger för observation och resultaten åskådliggjordes grafiskt på sätt som tidigare beskrivits (3). Sålunda erhöles för denna visuella bedömning ovanstående diagram (fig. 3):

Här betyder siffran 10 helt oskadad plåt och siffran 1 helt rostbelagd. De däremellan liggande hänför sig till olika grader av rostning. Av diagrammet framgår, att de punkter, som hänför sig till plåtbitar i bariumbenzyg material, ligger högst, betecknar alltså den bästa plåtytan.

Efter slutat försök avrostades plåtbitarna, och man kunde därpå på vanligt sätt bestämma det hela kvantitativt. I Ytongkross utan inhibitor erhöles följande rostningshastigheter:

16,2; 18,3; 16,9 och 17,1 mg bortrostat järn per dygn och  $\text{dm}^2$ .

Med natriumbenzoat var motsvarande siffror:

4,2; 5,2; 4,6 och 4,7,

och slutligen med bariumbenzoat som inhibitor:

1,8; 1,3; 3,9 och 2,3.

Respektive medelvärden blir då:

Utan inhibitor 17,1; med natriumbenzoat 4,7 och med bariumbenzoat 2,3 mg bortrostat järn per dygn och  $\text{dm}^2$ . Med bariumbenzyg inhibitor har man alltså nedbragt rostningshastigheten till hälften av den med natriumsaltet och till sjundedelen av den i material utan inhibitor.

Nu är det emellertid viktigt att påpeka en sak, nämligen att bariumsalter och natriumsalter vid samtliga här redovisade försök icke använts i ekvivalenta mängder utan i lika viktsmängder. Om man antar, att den passiverande effekten av inhibitorn huvudsakligen kan tillskrivas anjonen, alltså i sistnämnda försöksserie benzoatjonen, behöver man på grund av bariums högre ekvivalentvikt ( $\text{Na} = 23$ ;  $1/2 \text{ Ba} = 68,7$ ) mera bariumsalt

för att uppnå samma benzoateffekt. Sålunda skulle mot 1 g natriumbenzoat svara ca 1,3 g bariumbenzoat. Att det ändå går bättre med bariumsalt redan i lika mängder, beror otvivelaktigt på den speciella bariumeffekten, alltså utfällningen av sulfatjonen. Att denna effekt kan vara betydelsefull, framgår bl. a. av några uttalanden av Hersch, Hare, Robertson och Sutherland (5), vilka påstår, att sulfatjonen i vissa system med inhibitorer har en korrosionsbefrämjande verkan, som kan jämföras med den hos kloridjonen. Även om detta påstående troligen inte gäller generellt, får man dock ett starkt intryck av sulfaternas betydelse för korrosionen, när man kan få se exempel på intensiv rostning i fuktiga medier, där kloridhalten är helt liten men halten sulfater betydligt mera framträdande.

Ovanstående redogörelse visar att man kan få intressanta resultat genom ingående studier av korrosionsinhibitorer baserade på andra katjoner än alkalimetallernas. Här öppnar sig utan tvivel ett perspektiv på möjligheter för fortsatt forskning både på den oorganiska och organiska kemins område.

#### Litteratur

(1) F Wormwell och A D Mercer, »Sodium Benzoate and other Metal Benzoates as Corrosion-Inhibitors in Water and in Aqueous Solutions». Journ. Appl. Chem. 2 (1952), sid. 150–160.

(2) E G Stroud och W H J Vernon, »The Prevention of Corrosion in Packaging. I. The Use of Sodium Benzoate as a Corrosion Inhibitor in Wrappings». Journ. Appl. Chem. 2 (1952), sid. 166–172.

(3) G Nilsson, »Korrosionsförsök med järn inbäddat i olika slag av byggnadsmaterial.» VVS 1959, nr. 8, sid. 219–227.

(4) P Hersch, J B Hare, A Robertson och Sheila M Sutherland, »An Experimental Survey of Rust Preventives in Water. II. The Screening of Organic Inhibitors». Journ. Appl. Chem. 11 (1961) sid. 251–265.

(5) P Hersch, J B Hare, A Robertson och Sheila M. Sutherland, »An Experimental Survey of Rust Preventives in Water.» (3 uppsatser). Journ. Appl. Chem. 11 (1961), sid. 246–271.





## Korrosion hos kolstål vid närvaro av krossad lättbetong

### Effekt av korrosionsinhibitorer

Vid tidigare undersökningar av krossad lättbetongs inverkan på kolstål har det visat sig, att det föreligger en allvarlig korrosionsrisk vid hög relativ fuktighet i den omgivande luften (Nilsson, 1959). Dessa förhållanden är i praktiken direkt tillämpliga på oskyddade värmeledningsrör av kolstål i bjälklagsfyllning av lättbetongkross. Det har emellertid varit klart, att de nämnda undersökningarna skulle behöva kompletteras på två sätt. För det första skulle det vara av intresse med kvantitativa undersökningar av korrosionsförloppet, och för det andra skulle ett studium av korrosionsinhibitorers inverkan på detta system vara befogat, eftersom orienterande försök hade givit uppmuntrande resultat.

Försöken har genomförts på samma sätt som beskrivits tidigare (Nilsson, 1963). — Provbitarna av kolstål var nedstoppade i det i en glasskål befintliga krossade materialet. Nämnda glasskål var i sin tur placerad i en rymlig glasburk med tätt slutande lock. På burkens botten befann sig en mättad saltlösning för att ge den inneslutna luften en bestämd relativ fuktighet.

Valet av korrosionsinhibitorer kommer inte att bli föremål för någon ingående diskussion här. Det får räcka med påpekandet att, eftersom lättbetong är ett sulfathaltigt material, i flera fall bariumhaltiga inhibitorer har kommit till användning (Nilsson 1964). Det är emellertid nödvändigt att med några ord beröra tillsättandet av inhibitorn till lättbetongen. Den ledande tanken härvidlag har varit, att inhibitorn skall vara så jämnt fördelad som möjligt på det aggressiva materialet. Vid de flesta försöken löstes eller uppslammades därför inhibitorn i vatten och den finkrossade lättbetongen indränktes med vätskan samt torkades i lindrig värme. Endast i enstaka fall tillsattes inhibitorn i form av fint pulver, varefter blandningen skakades kraftigt. Vid samtliga försök var lättbetongen krossad med kornstorleken under 0,5 mm. Den är då mera aggressiv än i form av grovt kross (Nilsson 1959).

Luftens relativa fuktighet hölls vid 94—97 %. Försöken utfördes vid rumstemperatur. För att bestämma effekten av korrosionsinhibitorn anställdes parallellförsök med och utan denna. Antalet plåtbitar i vardera fallet var tre eller fyra, vid de orienterande försöken dock endast två.

Resultaten bedömdes dels kvalitativt enligt IVA:s mätningsskala, dels kvantitativt genom att de före försöket vägda plåtbitarna efter slutat försök befriades från rost och ånyo vägdes. Rostningshastigheten per år och dm<sup>2</sup> beräknades.

#### Försök

A. Kvalitativa försök med Sandvikens bandstål 1 B (C under 0,1 %) redovisas i fig. 1 och fig. 2.

B. För att jämföra olika benzoaters lämplighet som korrosionsinhibitorer har följande försök utförts (Nilsson 1964). Två prov med vardera 300 ml. Ytongpulver impregnerades med 3 g natriumbenzoat resp. bariumbenzoat. Luftens relativa fuktighet var ca 94 %. I varje pulversort provades 4 plåtbitar (1 B) utom när det gällde Ytong utan inhibitor, där ett extra försök med ytterligare två provbitar anställdes. Dessa provbitar togs ej upp för bedömning, förrän försöket i sin helhet var avslutat. Härigenom blev man i tillfälle att bedöma, huruvida upptagning för okulär besiktning av plåtarna inverkade på korrosionsförloppet. Resultatet återges i fig. 3.

Vid vägning av plåtbitarna erhöles som medelvärde för fyra parallellförsök utan inhibitor en viktsförlust på 6242 mg kolstål per dm<sup>2</sup> och år. Motsvarande siffra för extraförsöket, där plåten ej rubbats under hela tiden var 6196 mg, alltså ingen avgörande skillnad. Med natriumbenzoat som inhibitor blev vid fyra parallellförsök förlusten i medeltal 1716 mg per dm<sup>2</sup> och år. Bariumbenzoat gav under samma förhållanden värdet 840 mg. Med hjälp av den sistnämnda inhibitorn lyckades man alltså nedbringa rostningshastigheten till 1/7.

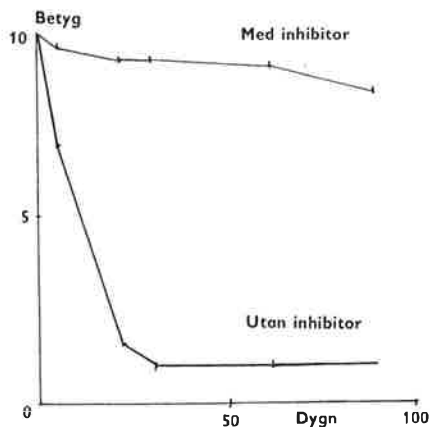


Fig. 1. Sandvikens bandstål 1 B (C under 0,1 %) i Ytongpulver med och utan inhibitor. Som sådan användes 5 g bariumbenzoat, varmed impregnerats 300 ml material. Luftens relativa fuktighet var ca 97 %. Bedömning enligt IVA:s målningskala.

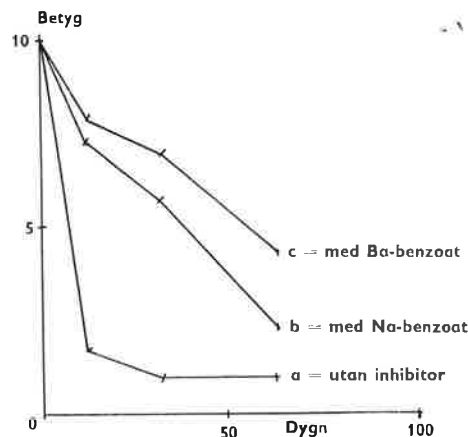


Fig. 3. Sandvik 1 B i Ytongpulver, dels utan inhibitor, dels med natriumbenzoat resp. bariumbenzoat. Inhibitorerna tillsattes i form av lösningar. På 100 ml Ytong användes 1 g inhibitor. Relativ luftfuktighet ca 94 %.

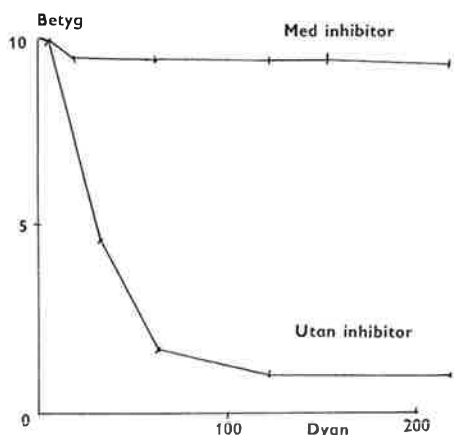


Fig. 2. Sandvik 1 B i Siporexpulver med och utan inhibitor. Den senare bestod av lika delar finpulvrerat bariumbenzoat och bariumartrat. På 100 g Siporex användes 1 g inhibitorblandning, vilken i torrt finpulvrerat tillstånd sattes till Siporexpulvret. Relativa fuktigheten var ca 97 %.

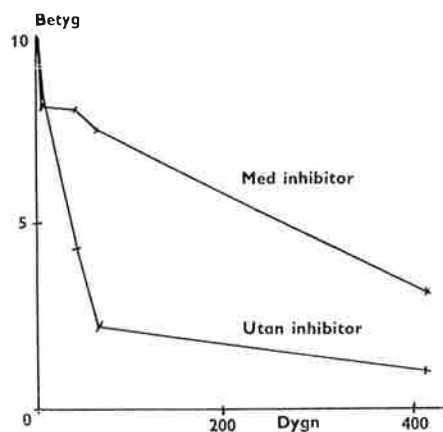


Fig. 4. Sandvik 1 B i Siporexpulver med och utan inhibitor. Den senare utgjordes av en blandning av 15 ml vattenglas (ca 35 %) + 85 ml vatten, vari lösts 1,5 g natriumbenzoat. Härmed indränktes 300 ml Siporexpulver. Relativ fuktighet ca 94 %.

Det må anmärkas, att viktsförlusten här anges i mg per år, under det att man i artikeln i Industriell Teknik räknar den i mg per dygn.

C. Några försök gjordes med Sandvikens kolstål 1 B i Siporexpulver med och utan inhibitor, vilken utgjordes av en blandning av natriumbenzoat och vattenglas. Luftens relativa fuktighet var ca 94 %. 6 plåttbitar provades i Siporex utan inhibitor och 4 i samma material som impregnerats.

Av provbitarna i Siporexpulvret utan inhibitor lämnades två kvar hela tiden, under det att samtliga övriga provbitars togs upp vid ett par tillfällen för inspektion. Resultatet av denna bedömning visas på fig. 4.

De efter avslutat försök erhållna kvantitativa värdena var följande: Viktsförlusten för de tre gånger inspekterade 4 provbitarna i Siporex utan inhibitor var 779,3 mg/dm<sup>2</sup> och år. Motsvarande siffra för de andra två, som ej inspekterats under mellantiden var 837,7

mg/dm<sup>2</sup> och år. Skillnaden är ej större än den man kan få vid måttlig spridning av de enskilda försöksresultaten.

Medelvärdet av viktsförlusten vid nämnda sex försök utan inhibitor var 799 mg/dm<sup>2</sup> och år. För försöken (4 st.) med Siporex+inhibitor var medelvärdet 400 mg/dm<sup>2</sup> och år. Med hjälp av denna lättillgängliga och relativt billiga inhibitor lyckades man alltså få ned rostningshastigheten till hälften.

D. Vid ett följande försök användes tre olika slag av stålplåt: det förut nämnda 1 B, vidare S 13 (ca 0,70 % C) samt ytterligare en sort, här kallad "T" med en kolhalt ca 0,75 %. Med vardera 1 B och S 13 utfördes tre parallellförsök i Siporexpulver med och utan inhibitor och med "T" två. Luftens relativa fuktighet var ca 94 %. En sammansatt inhibitor användes, nämligen: Bariumbenzoat 7 g, bariumnitrit 1 g, natriumbenzoat 1,5 g samt natriumnitrit 0,5 g. Resultatet

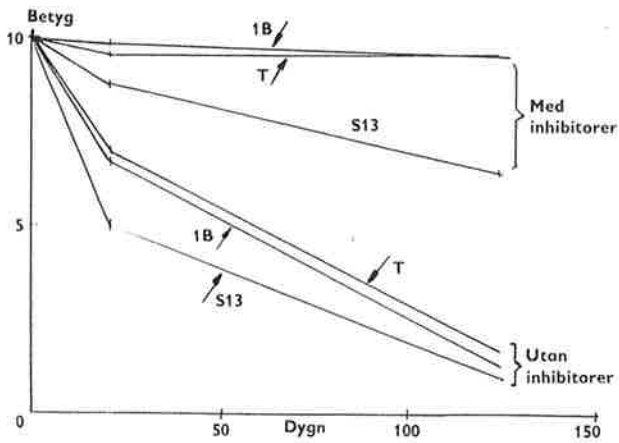


Fig. 5. Korrosion hos tre olika kolstål (1 B med C 0,1 %; S 13 med ca 0,70 % C och "T" med ca 0,75 % C) i Siporex-kross med och utan korrosionsinhibitor enligt huvudtexten. Till 750 g Siporex användes 1,5 g inhibitor. Det helt svagt med utspädd alkohol fuktade materialet försattes med inhibitorn i pulverform. Relativ fuktighet ca 94 %.

tatet av den kvalitativa bedömningen visas på fig. 5. Den kvantitativa bestämningen av viktsförlust gav följande resultat:

- Stål 1 B (3 st) utan inhibitor, medelvärde = 1010 mg/dm<sup>2</sup> och år
- Stål 1 B (3 st) med inhibitor, medelvärde = 1,5 mg/dm<sup>2</sup> och år
- Stål S 13 (3 st) utan inhibitor, medelvärde = 1104 mg/dm<sup>2</sup> och år
- Stål S 13 (3 st) med inhibitor, medelvärde = 41,6 mg/dm<sup>2</sup> och år
- Stål "T" (2 st) utan inhibitor, medelvärde = 706 mg/dm<sup>2</sup> och år
- Stål "T" (2 st) med inhibitor, medelvärde = 0,6 mg/dm<sup>2</sup> och år

E. För att få en direkt praktisk anknytning studerades även korrosionen på bitar av Virsbo värmeledningsrör. Bedömningen blev endast kvalitativ. Det aggressiva materialet utgjordes vid detta försök av samma Siporexpulver med resp. utan samma inhibitorblandning som vid närmast föregående försök. Av de tre rörbitar, som provades i varje medium, var den ena obetad, de två andra hade under 4 min betats i varm 1° % svavelsyra. Detta skedde för att gjuthuden skulle avlägsnas eller skadas, vilket på ett eller annat sätt kan ske i praktiken. Försöksresultatet visas på fig. 6.

F. Eftersom det förekommer att sand blandad med lättbetongkross används som bjälklagsfyllning, studerades även korrosionen i ett sådant medium på två sorters bandstål, nämligen Sandvik 1 B och S 13. Relativt aggressiv putssand blandades med ca 6 % Siporexkross och försattes med knappt 0,1 % av följande inhibitorblandning:

- Natriumisoftalat ..... 4,5 g
- Bariumisoftalat ..... 4,0 g
- Natriumnitrit ..... 0,5 g
- Bariumnitrit ..... 1,0 g

Luftens relativa fuktighet var ca 94 %. Vid bedömning enligt målningskalan erhöles resultat, som framgår av fig. 7. De kvantitativa resultaten var följande:

- Viktsförlust vid stål 1 B (3 st) utan inhibitor = 1320 mg/dm<sup>2</sup> och år
- D:o vid stål 1 B (4 st) med inhibitor = 1450 mg/dm<sup>2</sup> och år
- D:o vid stål S 13 (4 st) utan inhibitor = 1474 mg/dm<sup>2</sup> och år
- D:o vid stål S 13 (4 st) med inhibitor = 1822 mg/dm<sup>2</sup> och år

G. Ytterligare försök gjordes med denna sand-Siporexblandning och samma inhibitor på bitar av Virsbo värmeledningsrör. Innan dessa stoppades ned i det aggressiva materialet, blev de bitvis smärglade på

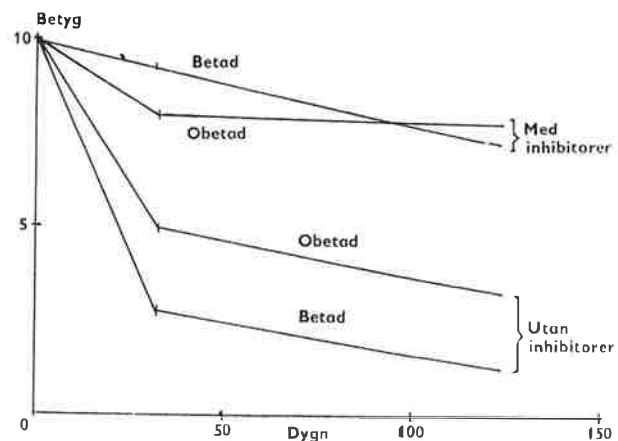


Fig. 6. Korrosion på Virsbo värmeledningsrör i Siporex-kross med och utan samma inhibitor som enligt fig. 5. Relativ fuktighet ca 94 %.

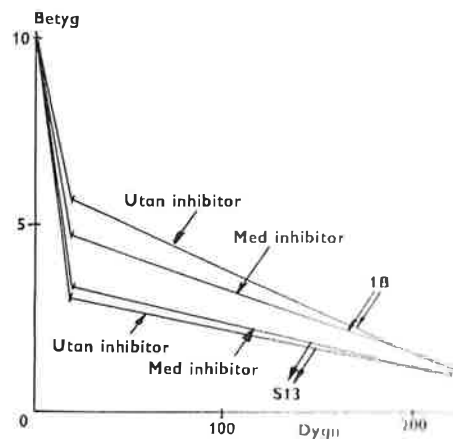


Fig. 7. Korrosion på kolstål Sandvik 1 B och S 13 i en putssand-Siporexblandning (ca 6 % Siporex) med och utan korrosionsinhibitor enligt huvudtexten. Inhibitorn (knappt 0,1 %) sattes i form av pulver till det fuktiga materialet. Luftens relativa fuktighet ca 94 %.

ytan.. Detta skulle i någon mån motsvara sådana skador, som kan uppstå i praktiken av rörtänger e. d. — Luftens relativa fuktighet var ca 94 %. Rörbitarna blev endast bedömda en gång, nämligen efter avslutat försök. Resultatet blev i samtliga fall ganska lika: 2—2,5 enligt målningskalan. Alltså ingen märkbar effekt av inhibitorn. Det är dock värt att notera, att angreppet på rören var något mindre i detta fall än angreppet på plåten i fig. 7 under samma förhållanden. Tiderna skiljer sig endast obetydligt (222 resp. 218 dygn).

### Diskussion

Resultatet av de beskrivna försöken är kort och gott att lättbetongs aggressivitet avsevärt kan minskas med hjälp av korrosionsinhibitorer. I ett fall (fig. 5) nedsattes korrosionshastigheten till mindre än hundra delen med en inhibitorblandning, som inte innehöll några märkvärdiga beståndsdelar. Inte heller resultaten i fig. 1—4 är att förakta med hänsyn till att de erhållits med lättillgängliga inhibitorer. Det är troligt, att man genom enkla ändringar i flera fall skulle kunna driva inhibitorverkan ännu längre.

Vid de båda försöken F och G med sand+Siporexkross gav den använda inhibitorblandningen inte önskat resultat. Snarare ökades angreppet något. Nu var ju inhibitorkoncentrationen mycket låg i detta fall (mindre än 0,1 %) och man har faktiskt redan tidigare konstaterat (Patterson och Jones 1952) att en mycket låg inhibitorkoncentration kan stimulera angreppet. Vidare torde det vara tvivelaktigt, huruvida de i nämnda blandning ingående nitriterna kan ha haft någon gynnsam inverkan på det hos sand-Siporexblandningen uppmätta låga pH-värdet 6,5. — Att en sand-lättbetongblandning som sådan är aggressiv förklaras därigenom, att dålig sand kan innehålla klorider, vilkas skadeverkan adderas till den, som sulfaterna i lättbetongen utövar.

Intressant är ett fall från praktiken, där oskyddade värmeledningsrör i en fyllning av sand+Siporexkross

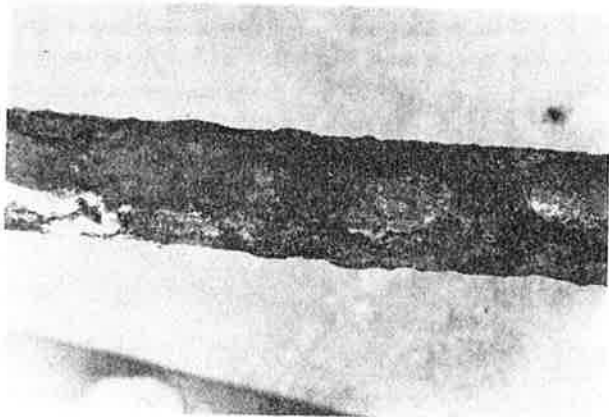


Fig. 8.

visat sig svårt angripna, fig. 8. Man bör ställa sig kritisk till användandet av en sådan blandning.

De beskrivna försökserierna har även gett bidrag till kännedom om metodiken vid korrosionsförsök av det aktuella slaget. Vid tidigare publicerade försök (Nilsson 1959) kunde man fråga sig, hur mycket man rubbar eller ändrar rostningsförloppet genom att tid efter annan ta upp provbitarna för bedömning och sedan stoppa ned dem igen och fortsätta försöket. Skillnaden i viktsförlust för de provbitar, som inte rubbats under försök B och C och för dem, som tagits upp för besiktning ett par gånger, måste anses så obetydlig, att den lika gärna kan ha berott på spridning av resultaten.

Vidare har konstaterats, att de efter slutat försök erhållna viktsförlusterna på plåtbitarna väl följt de punkter, som bedömningen enligt målningskalan gett. Nu är dock att märka, att samtliga försökstider varit relativt korta. Rostbeläggningen har därför i de flesta fall ännu inte täckt hela ytan. Det skulle vara av värde att få utrett, hur stor rostningshastigheten kan bli, sedan hela stålytan är belagd med ett relativt tjockt rostlager och därvid, som kan ske i praktiken, relativa fuktigheten i porerna tillfälligt kan stiga till 100 %. Sannolikt är processen under dessa förhållanden snabb. Vid försök med starkt rostbelagt kolstål, som torkat ut delvis och ånyo genomfuktats, har man fått en mycket hög rostningshastighet (Palmaer 1942). Man påträffar också i praktiken järnföremål, som efter att ha legat i ett aggressivt material ett fåtal år visat så avsevärt angrepp på en stor del av ytan, att rostningshastigheten måste ha varit avsevärt större än vid här redovisade laboratorieförsök. I sådana fall kan naturligtvis målningskalan inte längre användas.

Beträffande praktiska tillämpningar av de erhållna, delvis mycket gynnsamma resultaten med inhibitorer, är problemet ännu inte löst. Det torde erbjuda vissa svårigheter och märkbara kostnader att impregnera stora mängder grovkrossad lättbetong. Snarare skulle man kunna tänka sig impregnering av det närmast värmeledningsrören befintliga skiktet med stora mängder inhibitorer. Förslagsvis kan man prova ett starkt inhibitorhaltigt asbestband, som kan lindas om rören, en princip som tillämpats tidigare (Stroud och Vernon 1952). Möjligen kan man på själva rören åstadkomma ett luckent inhibitorhaltigt skikt. Vad man än använder, bör det dock provas under praktiska förhållanden, och innan så är gjort, bör man fortfarande mana till försiktighet vid användning av lättbetongfyllning kring oskyddade rör av kolstål. Vidare bör man göra klart för sig, att inhibitorer av här diskuterat slag och i här provade kvantiteter inte stoppar angrepp under vilka förhållanden som helst, t. ex. om fyllnadsmaterialet är genomblött och inte torkar. Däremot bör man med hjälp av lämpligt anordnade inhibitorblandning-

ar kunna avsevärt minska korrosionen på stålrör i normala byggen under byggnadstiden och tiden närmast efter byggandet. Allt eftersom byggnaden torkar ut, minskar sedan faran för korrosion.

En del av detta arbete har bekostats genom anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning till framlidne docenten Uno Trägårdh och mig. För att kunna avsluta undersökningen har jag dock varit hänvisad till privata bidrag. Dessa har inte räckt till försök med praktiska tillämpningar på byggen.

#### Litteratur

1959, Nilsson, G.: "Korrosionsförsök med järn inbäddat i olika slag av byggnadsmaterial". VVS 1959, nr 8.

- 1963, Nilsson, G.: "Korrosion hos kolstål i kontakt med kalkcementbruk av olika karbonatiseringsgrad". VVS 1963, nr 11.
- 1964, Nilsson, G.: "Om bariumhaltiga korrosionsinhibitorer mot aggressiva sulfater. Försök med kolstål i kontakt med sulfathaltiga byggnadsmaterial". Industriell Teknik, nr 10, sid. A 185.
- 1952, Petterson, W. S. och Jones, A. W.: "A Contribution to the Study of the Action of Certain Inhibitors upon Corrosion in Chloride-Polluted Water". Journ. Appl. Chem. 2, 1952, sid. 279.
- 1942, Palmaer, W.: "The Corrosion of Metals. III. The Rusting of Iron". (Föreligger endast i form av manuskript.)
- 1952, Stroud, E. G. och Vernon, W. H. J.: "The Prevention of Corrosion in Packaging. I. The Use of Sodium Benzoate as a Corrosion-Inhibitor in Wrappings". Journ. Appl. Chem. 2, 1952, sid. 166.

**Särtryck** Utgivare: Statens råd för byggnadsforskning

- 1960:**
2. *Jacobsson, Mejse.* Monteringsbyggeri i Europa. 8 s. Kr. 1:50.
  3. *Mandorff, Sven.* Förinställningsberäkning — ett viktigt led i värmeanläggningens projektering. 16 s. Kr. 3:—.
  4. *Eneborg, Ingmar.* Värmeutbytet vid sopeldning. (Två artiklar.) 11 s. Kr. 3:—.
  5. *Westin, Olle.* Markexploatering. 7 s. Kr. 1:50.
  6. *Saare, Erik.* Åldringsbeständighet hos byggnadsmaterial av plast. 8 s. Kr. 1:50.
  7. *Jacobsson, Mejse.* Byggnaders underhåll — ett viktigt forskningsområde. 8 s. Kr. 2:—.
  8. *Tynelius, Sven.* Kan det äldre villabeståndet förnyas? 4 s. Kr. 1:50.
  9. *Eneborg, Ingmar och Nilsson, Stig.* Problem kring soporna. 7 s. Kr. 2:—.
- 1961:**
2. *Nyquist, Ingemar resp. Jansson, Ingvar.* Den III internationella betongvarukongressen, Stockholm, 16—22 juni 1960. RILEM:s lättbetongsymposium, Göteborg, 20—23 juni 1960. (Två sammanfattningar.) 8 s. Kr. 2:—.
  3. *Dirke, Lars.* Varmvattenförbrukning i lägenheter med och utan varmvattenmätare. Kr. 3:—.
  4. *Brandt, Ove.* Luft- och stegljudsisolering i monteringsbyggda bostadshus. 8 s. Kr. 12:—.
  5. *Pleijel, Gunnar.* Fönsterglasens transmission av strålning från sol och himmel. 8 s. Kr. 2:—.
  7. *Rasmussen, Poul.* 1. Försök med nersotning av en värmepanna. 2. Hur ofta lönar det sig att sota en värmepanna? — Nomogram för bestämning av optimala sotningsintervaller. Kr. 3:—.
  8. *Löfstedt, Börje.* Vertikal temperaturgradient och väggtemperatur — modellförsök i klimat-kammare. 8 s. Kr. 2:—.
  9. *Holm, Lennart.* Ett svenskt institut för byggnadsforskning. 8 s. Kr. 1:—.
  11. *Brandt, Ove och Bring, Christer.* Stegljudsisolering och beständighet mot intryck hos golvbe-läggningar på massivbjälklag av betong. 15 s. Kr. 2:—.
  12. *Löfstedt, Börje och Ronge, Hans.* Strålningsdrag från en kall fönsteryta. Experimentell un-der-sökning med värmeflödesmätning. 7 s. Kr. 2:—.
  13. *Trägårdh, Uno.* Korrosion på varmvattenrör inbäddade i betong. 4 s. Kr. 2:—.
- 1962:**
1. *Holm, Lennart.* Konsumtionsanpassade bostäder. 11 s. Kr. 2:—.
  2. *Löfstedt, Börje.* Varma rumsklimats inverkan på människans komfort och prestationsförmåga. 11 s. Kr. 2:—.
  4. *Bring, Christer.* Avtorkningsanordningar i entréer. 8 s. Kr. 2:—.
  6. *Bildmark, Knut.* Byggnadselementens uppskattade ekonomiska varaktighet och tidsintervaller för underhåll. 67 s. Kr. 7:—.
  7. *Saare, Erik och Jansson, Ingvar.* Measurement of Thermal Conductivity of Moist Porous Building Materials with Particular Emphasis on the Thermal Conductivity of Cellular Con-crete. 17 s. Kr. 3:—.
  8. *Jacobsson, Mejse.* Utvecklingsgruppen — ett medel för bättre byggnadsplanering. 7 s. Kr. 2:—.
  9. Aktuella värmeisoleringsproblem. Några undersökningar vid Institutionen för byggnadsteknik, KTH. 76 s. Kr. 10:—.
  10. *Hanson, Rune.* Takterrasser och plana industritak — tre artiklar. 16 s. Kr. 3:50.
  13. *Saretok, Vitold.* Mur- och putsbruk i teori och praktik. 11 s. Kr. 3:—.
  14. *Rasmussen, Poul.* Termiskt drag hos oljeeldade villapannor. 12 s. Kr. 3:—.
  15. *Bring, Christer.* Värmebehaglighet hos golv. 11 s. Kr. 3:—.
- 1963:**
1. *Högberg, Erik.* Vidhäftningsundersökningar. 12 s. Kr. 3:—.
  3. *Pusch, Roland.* On the Deformation Processes in Stressed Clay. 8 s. Kr. 3:—.
  6. *Fischer, Hans Christian och Hellman, Lars.* Påslagningen och stötvågsteorin. 8 s. Kr. 3:—.
  7. *Eriksson, Folke och Jonson, Jan-Ake.* Betongväggar gjutna vid kall väderlek. 4 s. Kr. 3:—.
  9. *Rasmussen, Poul.* Bedömning av oljeeldade pannor. 4 s. Kr. 3:—.
  11. *Jacobsson, Mejse.* Dörrtillverkning i långa serier. 8 s. Kr. 3:—.
  12. *Ödeen, Kai.* Teoretisk bestämning av temperaturförloppet i några av brand påverkade kon-struktioner. 12 s. Kr. 4:—.
  14. *Bring, Christer.* Badrumsgolv av vinylplastmattor — en inventering. 4 s. Kr. 3:—.
  15. *Kihlman, Tor.* 1. Rumsisolering mot luftljud i bostadshus. *Berglund, Per-Henrik och Kihl-man, Tor.* 2. Aktuella stegljudsisoleringsfrågor. 1963. 19 s. Kr. 6:—.
- 1964:**
1. *Hellsten, Göran.* Elementhus. 11 s. Kr. 3:—.
  2. *Nylund, Per-Olof.* Fogar i ytterväggar av betong — fogmassor. Fogmassor som tätning i be-tongfasader. 11 s. Kr. 4:—.
  3. *Andersson, Jan.* Genomstansning av Lift Slabs. Dimensionering av Lift Slabs med hänsyn till genomstansning. 52 s. Kr. 9:—.
  4. *Brown, Gösta.* Metod för datamaskinberäkning av värme- och ljusstrålning i rum samt av kyl- och värmebehov. 32 s. Kr. 7:—.
  5. *Larsson, Olov.* Årsverkningsgraden vid en medelstor oljeeldad värmecentral — direkt och indirekt metod. 12 s. Kr. 3:—.
  6. *Hansen, Torben.* Estimating stress relaxation from creep data. 4 s. Kr. 3:—.
  7. *Reiners, William.* Operationsanalys i brittiskt byggande. 8 s. Kr. 3:—.
  8. *Nuder, Ants.* Kostnader för vertikalkommunikationerna i bostadshus med 3—16 våningar — några tillämpningsexempel. 16 s. Kr. 7:—.
  9. *Strömberg, Arne.* Vittringsskador på byggnadsmaterial. 12 s. Kr. 5:—.
  10. *Höglund, Ingemar och Hansson, Tore.* Ny metod för differentiering av det praktiska vär-meledningstalet för mineralull. 11 s. Kr. 4:—.

**Pris kr. 8:—**

Distribueras av AB Svensk Byggtjänst

Kungsgatan 32, Stockholm C

Tfn 08 / 24 28 60 · Pg 540 33