



Præsenteret ved Vintermødet 2006, Dansk Metallurgisk Selskab, Sorø, 4-6. januar 2006

## **Korrosion af rustfrit stål i svømmehalsmiljø**

Ebbe Rislund og Jesper N. Holst

FORCE Technology  
Park Alle 345  
2605 Brøndby

## **Abstract**

Stainless steel has for many years been used in indoor swimming pools for various details like ladders, starting blocks, drain covers and pool water tubing. Grade 316 has been the standard material for these applications. During the recent years the use of stainless steel has been extended to areas like pool lining, support of ventilation ducts and ceiling hangers as well as hangers and wires for lamps and loudspeakers. A number of incidents, some of which having resulted in injuries, have shown that stress corrosion cracking (SCC) in austenitic stainless steels is a real risk in indoor swimming pool atmosphere. The SCC is caused by the corrosive, chloride-containing environment formed on the surface of the stainless steel by contamination from pool water aerosols and influence of chloramines in the hall atmosphere. SCC may result in sudden fracture of the stainless steel and thus present a risk of injury. The influence of the environment parameters on the risk of SCC is discussed. Due to the fact that the risk of stress corrosion cracking can only be eliminated by the use of the highest alloyed stainless steel grades, the solution of the problem is usually the use of alternative materials like some kind of coated steel.

## **Abstrakt**

Rustfrit stål har i mange år været anvendt i svømmehaller til forskellige komponenter som lejdere, startskamler, afløbsriste og rør til bassin vand. AISI 316 har været standard materialet til disse anvendelser. I de senere år er anvendelsen af rustfrit stål blevet udvidet til områder som foring af bassin, ophæng til ventilationskanaler og lofter såvel som ophæng og wirer til lysarmaturer og højttalere. Et antal ulykker, hvoraf nogle har resulteret i kvæstede personer og dødsfald, har vist, at spændingskorrosion af austenitiske rustfrie stål er en reel risiko i svømmehalsatmosfære. Spændingskorrosionen skyldes det korrosive kloridholdige miljø, der dannes på det rustfrie ståls overflade ved forurening fra aerosoler af bassin vand og indflydelse fra kloraminer i halatmosfæren. Spændingskorrosionen kan resultere i pludselige brud på det rustfrie stål og frembyder derved en risiko for nedstyrtning. Indflydelsen af miljøparametre på spændingskorrosionsrisikoen diskuteres. På grund af at spændingskorrosionsrisikoen kun kan fjernes ved anvendelse af de højest legerede rustfrie stål er løsningen på problemet normalt anvendelse af alternative materialer som coatede stål.

## Indledning

Rustfrit stål har været anvendt til komponenter i svømmehaller i årtier. Baggrunden er, at rustfrit stål med sin blanke og generelt bestandige overflade signalerer hygiejne og renlighed. Det kan holde sig blankt og fri for korrosionsprodukter i endog meget fugtige miljøer, og det er tolerant overfor en række ganske forskelligartede rengøringsmidler. Den traditionelle anvendelse har været til lejdere, startskamler og andet udstyr omkring bassinet samt afløbsriste og andet inventar, der kan blive vådt – herunder f. eks. borde og vaske.

I de sidste 20 år er rustfrit stål også blevet anvendt til andre dele i svømmehalsbygninger. Her kommer rustfri lining af bassiner ind i billedet, og ophæng til ventilationskanaler, lofter, højttalere og armaturer. Også ventilationskanaler er blevet udført i rustfrit stål. I badearealerne er der også kommet gelændere udført i rustfrit stål – alt sammen for at underbygge et rent look og med tanke på minimalt vedligehold.

I de seneste år, er der så sket en drejning af svømmehallers indretning og anvendelse. Fra at være anlæg med firkantede bassiner, hvor de badende svømmede rundt i et roligt tempo, er ikke mindst nye svømmehaller gradvist blevet forvandlet til rekreative vandlande, med vandrutschebaner, fontæner, kunstigt regnvejr og varmtvandsbassiner eventuelt suppleret med bølgemaskiner. Også temperaturniveauet i hallerne er også steget fra tidligere til det nuværende niveau nær 30°C. Denne ændring har påvirket miljøet i hallerne i retning af, at større korrosionsbelastning af det rustfrie stål i hallerne, hvilket ført til stadig flere korrosionsskader på rustfrit stål, og har gjort, at der bør tænkes nyt, når det drejer sig om at undgå problemer med rustfrit stål i svømmehaller. Nedenfor behandles korrosionsforholdene for rustfrit stål i svømmehaller.

### Rustfri ståltyper.

Traditionelt har det i høj grad været de austenitiske ståltyper, der har været og fortsat er anvendt i svømmehaller. Tabel 1 viser en række stålqualiteter, der anvendes i hallerne. De fleste er typisk austenitiske, men der kan også forekomme enkelte komponenter af ferritisk stål.

Ståltype	struktur	C%	Cr%	Ni%	Mo%
AISI 430 (EN 1.4016)	ferritisk	< 0,12	17		
AISI 301 (EN 1.4310)	austenitisk	< 0,15	17	7	
AISI 304 EN 1.4301	austenitisk	< 0,08	18	9	
AISI 316 EN 1.4401	austenitisk	< 0,08	17	12	2,2
UNS 31254 EN 1.4547	austenitisk	< 0,02	20	18	6,1

Tabel 1. Rustfrie ståltyper anvendt i svømmehaller.

## Korrosionsmiljøer

Der er to områder, hvor rustfrit stål bliver anvendt i hallerne. I bassinerne er stålet neddykket i svømmevandet, og korrosionsforholdene bestemt heraf. I hallen og bygningen er det rustfrie stål udsat for den aktuelle atmosfære. Da de to miljøer er væsensforskellige vil disse blive behandlet hver for sig.

Bassinvand.

Bassinvandet i en svømmehal er som oftest brugsvand med de tilhørende salte som i grove træk er hårdhedsdannere (calcium, magnesium, bicarbonat) samt anionerne klorid og sulfat. Hertil er ofte sat natriumklorid i en mængde svarende til 0,3-0,4% klorid, i forbindelse med klogenerering. Til dette vand sættes desinfektionsmiddel – som regel i form af aktivt klor doseret som natriumhypoklorit eller som klor genereret direkte i vandet ved elektrolyse. Temperaturen er som regel 26-28°C.

Det korrosionsmiljø, som bassinkomponenter i rustfrit stål skal modstå, er således en lun vandig opløsning med et kloridindhold op til 0,4% med en pH-værdi på godt 7. I et sådant miljø er det lokalkorrosion, der er den levetidsbegrænsende korrosionsform. Det er altså grubetæring eller spaltekorrosion – lokalkorrosion som en fællesbetegnelse – som de rustfrie stål skal være bestandige overfor og altså på det grundlag, det aktuelle materiale skal vælges.

Nu er det jo sådan, at de parametre, der sætter grænserne for lokalkorrosion af rustfrit stål er temperatur, kloridindhold og korrosionspotential. De er i princippet komplementære således at jo højere hver enkelt af de tre parametre er, jo mindre bliver tolerancen overfor de to andre før lokalkorrosionen indtræder. At de to lokalkorrosionsformer er det spaltekorrosionen, der indtræder først, og når denne er initieret, vil stålet være beskyttet mod grubetæring, fordi korrosionspotentialet bliver holdt nede af den aktive spaltekorrosion. Derfor er det næsten udelukkende spaltekorrosionsskader, man oplever på bassinkomponenter, såfremt der overhovedet er spalter til stede. Det er der som regel i forbindelse med lejdere og trapper, hvor disse er fastgjort til bassinet under vandoverfladen. Hvor kritisk en geometri spalterne har, afhænger først og fremmest af, hvor godt det er lykkedes at forsegle spalterne op mod bassinets væg eller bund. Herudover kan man betragte den rustfrie ståloverflades finish som en parameter. Jo mere glat en overflade er des mindre er risikoen for at der starter lokalkorrosion på den. På den baggrund er det ikke overraskende, at blankt bassinudstyr klarer sig rimeligt godt.

I forhold til almindeligt brugsvand er svømmevand som nævnt karakteriseret ved, at kloridindholdet er højere. Desinfektionen med klortilsætning kan også være en skærpene faktor,

idet stålets korrosionspotential kan blive hævet afhængigt af restkoncentrationen af aktivt klor i vandet. Normalt vil korrosionspotentialet i vand med det aktuelle saltindhold have et korrosionspotential på omkring 0 mV SCE. Fra klorering af havvand ved man, at et restklorindhold over 0,2 ppm resulterer i et korrosionspotential på ca. 700 mV SCE på grund af klorerets oxiderende virkning. Da klorniveauet sjældent er under de 0,2 ppm er der mulighed for en dramatisk stigning i korrosionspotentialet ved klortilsætning og således mulighed for at øge korrosiviteten betydeligt. Hvor stor tolerancen er, afhænger naturligvis af den anvendte stål kvalitet, men der kendes tilfælde af korrosion, der har haft årsag i en særlig høj dosering af aktivt klor fordi styringen af tilsætningen har været i uorden. Der er en langvarig tradition for at anvende syrefast stål (AISI 316, EN 1.4401) til bassinudstyr og i en vis udstrækning rørsystemer. Det klarer sig da også rimeligt, men det forudsætter, at kloroverskuddet ikke er ret stort. Nyere anlæg, herunder anlæg med bassiner foret med rustfrit stål eller udstyret med skvulperender af rustfrit stål, kan være udstyret med stål af typen EN 1.4547, (6% molybdæn), som hører til de mest bestandige rustfrie ståltyper.

#### Halatmosfære.

Atmosfæren i en svømmehal er i princippet atmosfærisk luft med en vis naturlig fugtighed. Tidligere havde man betydelige problemer med meget høj luftfugtighed, men i moderne svømmehaller, der jo er udstyret med avancerede klimaanlæg, styrer man normalt luftfugtigheden til mellem 50-65% relativ fugtighed. Dette gøres i det væsentlige ved at tilføre friskluft i det nødvendige omfang, men ellers er klimaanlæggets væsentligste funktion at opnå komfort ved hjælp af mindst mulig energitilførsel. På denne baggrund synes det uproblematisk at få rustfrit stål til at holde i halatmosfæren med en moderat luftfugtighed. Så enkelt er det imidlertid ikke, idet der er flere kilder til forurening af den rustfrie overflade med klorider, som jo er en af de mest korrosive komponenter for rustfrit stål. Flere forskere (1, 2) har fundet, at der ofte er de samme ioner tilstede på de rustfrie stål overflader i atmosfæren, som man finder i vandet. Det tages som bevis for, at der i hallen dannes aerosoler af badevand, som transporterer salte hen til de rustfrie overflader langt væk fra bassinet, for eksempel oppe under loftet. På denne måde forurenes overfladerne med klorid og andet på steder, hvor de ikke bliver løbende rengjort, og hvor koncentrationen med tiden kan blive så stor, at korrosion indtræder.

Hvis man forestiller sig, at der initieres lokalkorrosion på rustfrie overflader som følge af kloridforurening, vil det før eller senere føre til, at der lokalt – i aktive gruber – genereres et ganske stærkt surt miljø med høj kloridkoncentration, som er korrosivt for stålet, og som eventuelt kan føre til spændingskorrosion på det rustfrie stål selv ved rumtemperatur, hvis det fornødne spændingsniveau er til stede.

En anden mulighed for forurening af rustfri overflader med klorholdige forbindelser stammer fra desinfektionen af bassinvandet med klor. Aktivt klor danner ved reaktion med kvælstofholdige kropsvæsker kloraminer, som således vil være tilstede i bassinvandet. Da kloraminerne er flygtige, kan de forlade vandet og overgå til atmosfæren. Det er kloraminer, der giver den karakteristiske svømmehalslugt. Når kloramin kommer i kontakt med det rustfrie stål, anses det at gå i stykker efter ligningen:



Ovennævnte er et eksempel baseret på den mest flygtige kloramin og altså den, der er mest sandsynlig i halatmosfæren, men de øvrige giver i princippet samme produkter. Af ligningen ses, at kloramin spaltes til saltsyre og hypoklorit ved kontakten med stålet. Det betyder, at de to forbindelser, der begge er korrosive for rustfrie stål, dannes direkte på overfladen, hvor de bidrager til at generere et surt, kloridholdigt miljø. Saltsyren må antages at reagere forholdsvis hurtigt med stålet, hvilket giver anledning til, at der dannes metalklorider (jern- krom-) på overfladen ved siden af de klorider, der måtte komme fra bassinet. Resultatet er, at der bliver en korrosiv belastning på stålet, hvis det ikke løbende rengøres, så kloriderne fjernes i den takt de dannes. For udstyr indenfor bassinområdet vil den daglige rengøring fjerne kloriderne, så der ikke sker korrosion, men hvis det ikke sker, f. eksempel under startskamler, kan man observere dannelse af rust.

Men det kan gå værre endnu. Figur 1 viser et brugsvandsrør af AISI 304, der har siddet i et bruserum tæt på indgangen til svømmehallen, og som er gennemtæret udefra som følge af atmosfæren fra hallen.

At der er kloridforurening på overfladen af rustfrit stål i svømmehaller har vi på FORCE konstateret i forbindelse med undersøgelse af korrosionsskader i svømmehaller, men også på Korrosionsinstituttet i Sverige har man beskæftiget sig med kloridniveauet (3). Tabel 2 viser en sammenstilling af fundne kloridniveauer på forskellige komponenter. Det ses, at der er stor spredning i de målte koncentrationer afhængigt af, hvor de er målt, men generelt er det meget høje koncentrationer. Til sammenligning kan nævnes, at kloridniveauet i en dagligstue er ~5 µg/cm<sup>2</sup> og en kraftig påvirkning fra saltsyreholdig røg i forbindelse med brand resulterer normalt i 20-30 µg/cm<sup>2</sup>.. Det ses også af de to nederste tal i tabellen, at forureningen falder kraftigt, så snart man bevæger sig uden for selve svømmehallen.



Figur 1. Brugsvandsrør gennemtæret udefra som følge af kloridforurening fra svømmehallen.

- a. viser røret, der forløber under loftet og forsyner bruserne i baggrunden.  
Det ses, at der hvor røret bliver dagligt rengjort er der ingen korrosion.
- b. viser et rørstykke med to gennemtæringer.
- c. viser et nærbillede af røret med overfladiske grubetæringer.
- d. viser en gennemtæring udefra gennem rørets svejsning.

Overflade	Klorid $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
Vandrutschebane, bolte og møtrikker	430 - 2.200
Rustfrit loftophæng	115 - 520
Rustfrit lampeophæng	1.550
Befæstelse spotlampe	857
Rustfri ramme i glasparti	150
Loftophæng, sluse til svømmehal	16 - 18
Loftophæng, bruserum	3

Tabel 2. Målte kloridkoncentrationer

Selv om materialet er beskedent, har vi fundet en vis sammenhæng mellem koncentrationen af klorid på de rustfrie overflader og koncentrationen af kloramin i halatmosfæren, hvilket peger på, at kloraminerne spiller en mærkbar rolle for kloridforureningen af det rustfrie stål.

Spændingskorrosion er det største og farligste problem

I 1985 skete en tragisk ulykke i en svømmehal i Uster i Schweiz. Uden varsel kollapsede tagkonstruktionen og loftet faldt ned. Da hallen var åben for besøgende, blev 13 mennesker dræbt (2). Den efterfølgende udredning af uheldet viste, at årsagen til nedstyrtningen var transkrystallinsk spændingskorrosion i loftets ophæng, der var lavet af rustfrit stål AISI 316. Denne erfaring var ganske ny. Det var kendt, at spændingskorrosion kunne opstå i denne legeringstype, men det var en håndregel, at det kun kunne foregå over 60°C og temperaturen i hallen var ikke over 30°C. Tilfældet førte til ret omfattende udrednings- og forskningsaktivitet, hvilket førte blandt andet frem til følgende konklusion:

1. Spændingskorrosion kan opstå i AISI 316 ved lav temperatur hvis pH er lav (~1,5)
2. Kloraminer er en sandsynlig kilde til overførsel af klorholdige forbindelser til den rustfrie overflade.
3. Spændingskorrosion opstår mest sandsynligt ved luftfugtigheder i området 30-35% relativ fugtighed.

Efter en årrække med forskningsaktiviteter, hvor viden om kloridkilder og overførsel til det rustfrie stål blev yderligere udbygget og belyst, kom næste ubehagelige overraskelse. I 2001 brød ophængene til ventilationskanalerne sammen i en svømmehal i Steenwijk i Holland (4). Kanalerne faldt ned og tog hele loftet med. Figur 2 viser svømmehallen efter ulykken. Heldigvis skete ulykken om natten, så der ikke kom mennesker til skade, men den viste, at problemet stadig er aktuelt at tage stilling til, og hvad man måtte have lært af Usterulykken, var der altså nogle, der ikke havde fået at vide.

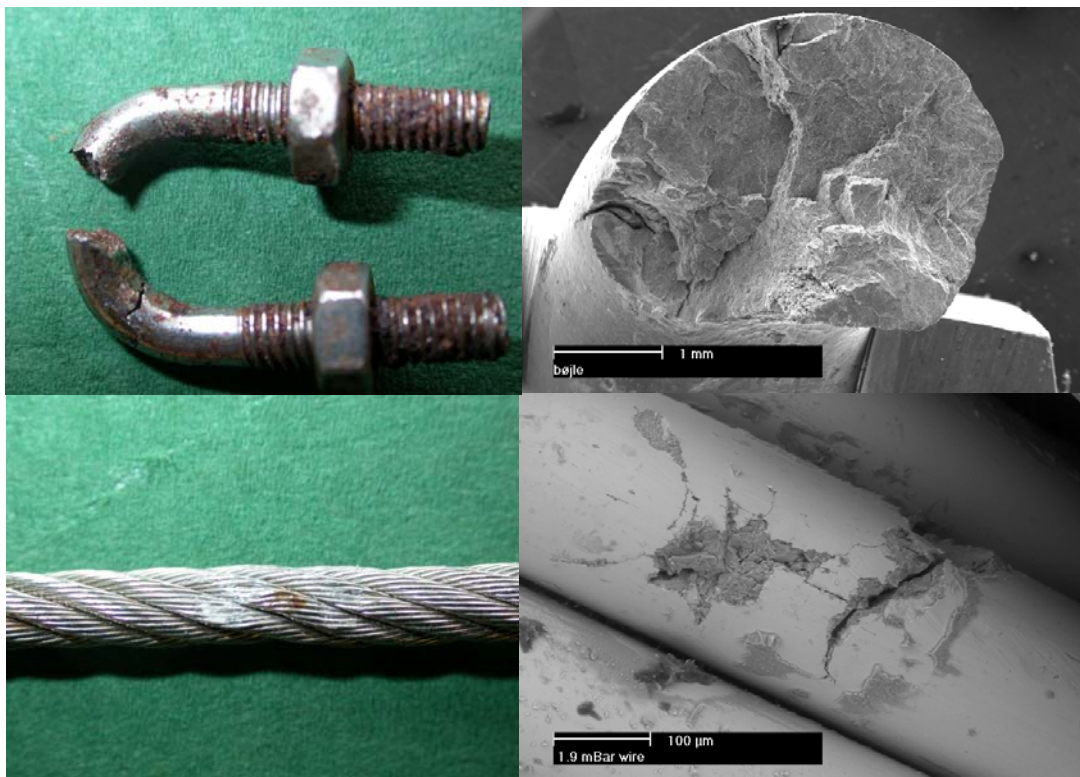




Figur 2. Svømmehallen i Steenwijk morgenen efter ulykken.

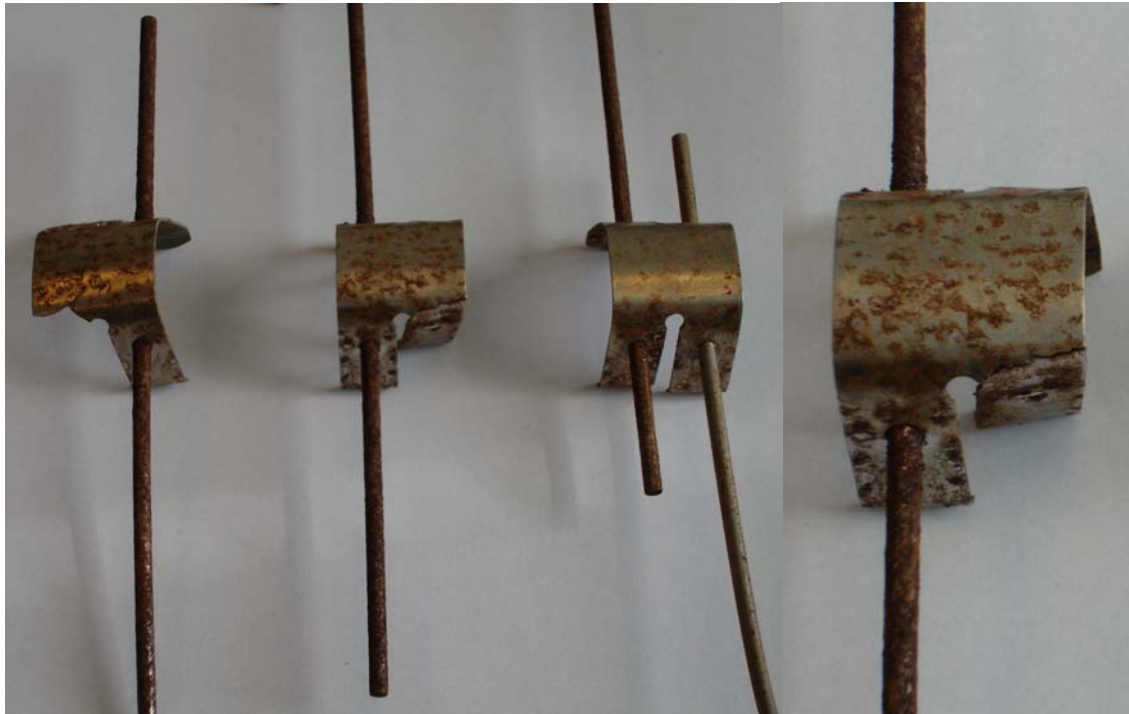
Efter Steenwijk-ulykken blev der meget opmærksomhed omkring problematikken, ikke mindst i Holland, hvor man indførte regelmæssig inspektion af svømmehaller for at forebygge gentagelser. Denne inspektion har vist sig at være nødvendigt, idet der med mellemrum findes usikre konstruktioner. Alene i 2005 er der blevet lukket tre svømmehallen efter inspektion fordi der blev fundet spændingskorrosion i bærende ophæng for lofter og ventilationskanaler.

I Danmark har vi haft en række tilfælde af bærende komponenter i svømmehaller, hvor der er blevet fundet spændingskorrosion i rustfrit stål. Ved vintermødet i 2004 præsenterede Jesper Holst en undersøgelse af spændingskorroderede rustfri skruer til befæstigelse af loftsplader (5). Også wirer til ophæng af forskellige komponenter herunder wirer og wirelåse til ophæng af akustiske baffleplader har der været problemer med. Figur 3 viser spændingskorrosionsskaderne på wirelås og wire. På wirelåsen ses der tydeligt spændingskorrosion på brudfladen, medens der kan ses små spændingskorrosionsrevner på de enkelte tråde i wiren.



Figur 3. Spændingskorrosion på wirelås (øverst) og wire af AISI 316 til ophæng af baffleplader i svømmehal.

I det seneste år er der konstateret spændingskorrosion i ophæng til lofterne i to svømmehaller efter 1 – 1½ års drift, og som har ført til omgående udskiftning af ophængene. Det er standardophæng, de såkaldte hurtigophæng, der har været anvendt til formålet, og som også har givet problemer andre steder i Europa. De er karakteriseret ved, at længden kan justeres på stedet, så loftet kan justeres præcist. Men de er også karakteriseret ved, at spændingsniveauet i låseclampen er meget højt, hvilket er en af forudsætningerne for dannelse af spændingskorrosion. Clampen er fremstillet i AISI 301, der, som det ses af tabel 1, er et austenitisk stål med lavere legeringsniveau end AISI 304 og altså også med mindre korrosionsbestandighed, medens trådene er i AISI 430. Figur 4 viser eksempler på korrosion i sådanne hurtigophæng. Det ses, at låseclampene er angrebet af spændingskorrosion, samt at revnedannelserne hurtigt kan føre til, at clampen mister sin låsefunktion og dermed resulterer i, at ophænget mister sin bæreevne. Trådene er noget angrebet af grubetæring, men fri for spændingskorrosion, da de er udført i ferritisk stål. Clampene er fra fremstillingen kraftigt kolddeformeret. De har derfor et højt egenspændingsniveau, men dertil kommer yderligere spændinger fra deres funktion, hvor låsefunktionen også kræver tilstedeværelse af spændinger. Der er således spændinger nok til rådighed for initiering af spændingskorrosion, når miljøforholdene er de rigtige.



Figur 4. Rustfri loftsophæng efter 1-1½ år over svømmehal. Spændingskorrosion har ødelagt låseclampene.

Det blev ovenfor nævnt, at spændingskorrosion havde lettest ved at opstå ved luftfugtigheder i området 30-35% relativ fugtighed. Hvordan kan det så gå til, at der opstår spændingskorrosion i svømmehaller, hvor luftfugtigheden styres i området 50-65% RF? At spændingskorrosionen kan opstå, selv om luftfugtigheden tilsyneladende er meget højere, skal ses på den baggrund, at en lokal opvarmning på 7-9°C vil resultere i, at luftfugtigheden falder til netop 30-35%, som anses for det mest kritiske interval. Ved katastrofen i Uster er det fastslået, at temperaturen over loftet var omkring 40°C, hvilket gav baggrund for de lave fugtigheder. I det ovenfor nævnte tilfælde med de spændingskorroderede wirer, var der kun skader på de wirer, der var tæt på en mørk ydervæg, der kunne modtage kraftigt solindfald i løbet af dagen (syd-øst-syd-sydvest) – altså i et område, hvor der kunne herske en betydelig lokal overtemperatur. De øvrige fejlede ingenting.

Ved tilfældene i de nye haller har det ikke været muligt fuldt at dokumentere den nødvendige overtemperatur over lofterne, hvilket imidlertid ikke udelukker, at den kan have været til stede. Hvad man derimod ved er, at der i begge haller i begyndelsen har været betydelige gener fra, hvad man anser for høje kloraminkoncentrationer, indtil man fik ændret på ventilationsanlæggenes kapacitet. Så her har der under alle omstændigheder været mulighed for en ekstraordinær korrosiv påvirkning af loftophængene i en periode.

Hvad er forklaringen på, at det netop er ved de lave fugtigheder, at sandsynligheden for spændingskorrosion er størst? Generelt set er det sådan, at risiko for spændingskorrosion er størst, når korrosionsmiljøet er justeret ind til at repræsentere en smal balanceret grænse mellem en kraftigt stresset passivitet og en fuldstændig aktivering af det rustfrie stål. Det kræver virkelig en balancering, for hvis balancen svinger mod mere passivitet, så får man grubetæring og hvis balancen går mere i retning af aktivering, får man generel korrosion. Miljøet skal befinde sig lige på ”knivsæggen” for at spændingskorrosionen opstår. Hvordan opnås disse forhold? Her skal vi betragte de salte, der findes på den rustfrie overflade og deres såkaldte kritiske fugtighed. Den kritiske fugtighed for et salt er den fugtighed som saltet er i ligevægt med, og ved hvilken overfladen bliver egentlig fugtig. Vi kender udmærket til dette forhold fra f.eks. calciumklorid, der er kendt som et vandsugende stof, og som har en kritisk fugtighed på ca. 30% RF, hvilket vil sige, at overfladen er fugtig ved luftfugtigheder over 30% RF og først begynder at tørre ud ved fugtigheder under 30% RF. De salte, der befinder sig på overfladen er som ovenfor nævnt klorider med kationerne calcium, magnesium, natrium, krom, jern og nikkel. For calcium- og magnesiumklorid er den kritiske fugtighed nede i området 30-35%, medens den for natriumklorid er betydelig højere. For metalsaltene ligger jernkloriderne fra meget lavt til 45-55%, medens krom- og nikkelkloridernes ikke er bekendt. Når man summer det samlede billede op, kan det ikke afvises, at overflademiljøets kritiske fugtighed ligger i området 30-35%. Det betyder, at ved en givet mængde saltforurening og korrosionsprodukter er overfladen ganske fugtig ved fugtigheder over 30-35% RF, og i øvrigt ikke særligt afhængig af den aktuelle fugtighed. Når fugtigheden sænkes ned til den kritiske fugtighed og derunder, begynder overfladen at tørre ud. Denne udtørring resulterer i, at saltkoncentrationen og hermed kloridkoncentrationen stiger gradvist, hvilket gør miljøet mere aggressivt. Denne udvikling fører til, at vi på et tidspunkt under udtørringen har nået den balance, der fører til spændingskorrosion. Denne udvikling er i princippet helt analog til situationen, som kendes fra inddampende kloridopløsninger, som vi ved fører til spændingskorrosion blot normalt ved højere temperatur. Eller alternerende inddampning og opfugtning, der anses for endnu mere spændingskorrosionsfremkaldende end bare inddampning. Det specielle ved svømmehalsmiljøet er, at optørringen først kan begynde ved 30-35% RF.

### **Er korrosionsmiljøet blevet værre i de senere år?**

Når man ser på hyppigheden af skader – ikke mindst spændingskorrosionsskader – kan man godt få det indtryk, at det atmosfæriske korrosionsmiljø i svømmehallerne i de senere år er blevet værre for rustfrit stål. Og selv om en forøget anvendelse af rustfrit stål i hallerne i sig selv kunne være ansvarlig for et stigende antal skader, må konklusionen være, at miljøet er blevet vanskeligere. Den moderne anvendelse af svømmehaller resulterer ikke alene i en højere udnyttelsesgrad – flere badende i hallen, men også den moderne brug af hallerne som vandlande

vil føre til forøget korrosiv belastning af det rustfrie stål. Det er indlysende, at aktiviteter som vandrukschebaner, fontæner, vandfald og lignede kan føre til forøget dannelse af aerosoler af badevand, hvilket forøger kloridforureningsgraden for ståloverfladerne. De samme argumenter kan anvendes for at forvente, at en øget kontakt mellem vandoverflader – eventuelt i fordråbet form – og luften vil skabe øget udveksling af flygtige stoffer, og dermed lette afgivelsen af kloraminer til luften med øget forurening af ståloverfladerne til følge. Hvad der derimod er nyt, er at en øget beluftning af vandet, som kan være konsekvensen af den megen bevægelse i vandet, er medvirkende til at øge kloramindannelsen i vandet. En forøget kloramindannelse må medføre en øget kloraminafgift til halluften og dermed skærpe korrosionspåvirkningen på det rustfrie stål.

Med det scenario må konklusionen være, at hvis man vil anvende rustfrit stål til bærende strukturer, herunder ophæng, skal der anvendes de højest legerede rustfrie ståltyper for at sikre mod risiko for spændingskorrosion i halatmosfæren. Hvis den løsning er økonomisk uacceptabel, må der anvendes alternative materialer som for eksempel coatede stål.

## Referencer:

1. N. Arnold, P.Gümpel & T.W. Heitz:  
Chloridinduzierte Korrosion von nichtrostenden Stählen in Schwimmhallen-Atmosphären. Teil 3: Einfluss einer realen Schwimmhallen-Atmosphären  
Werkstoffe und Korrosion, vol. 50, pp. 140-145. 1999
2. J.W. Oldfield & B. Todd:  
Room temperature stress corrosion cracking of stainless steels in indoor swimming pool atmospheres.  
British Corrosion Journal, vol. 26, pp. 173-182. 1991
3. Ulf Sender:  
Stress Corrosion Cracking on stainless steel in Swedish swimming pool buildings.  
Stainless Steel World, July/August, pp. 56-59. 2002
4. J.J.N. Heselmans & J.E.H. van Duin:  
Stress corrosion of stainless steels in swimming pools  
Stainless Steel World, December, pp. 21-23. 2001
5. Jesper N. Holst:  
Spændingskorrosion i rustfrit stål i svømmehal  
Vintermødet 2004, pp. 93-106. Dansk Metallurgisk Selskab 2004.