


När rostfritt stål rostar

– orsaker och åtgärder

En rapport från



Rostfritt stål fungerar bra i vattenmiljöer. Men ibland händer det som inte ska hända. Korrosion uppstår lokalt, och ofta går det snabbt. Flera faktorer samspekar, några av de vanligaste är förhöjda kloridhalter, höga temperaturer och stagnerat vatten. Vid sidan av materialval och driftförhållanden är därför vattenkvaliteten avgörande för korrosionsrisken.

Rostfria material började användas i vattenmiljöer för mer än femtio år sedan, och finns idag i mängder av olika sorters anläggningar.

– Rostfritt stål är ett bra material som sällan rostar, men då och då händer det. Det första fallet jag känner till inträffade för 15 år sedan. Då drabbades ett vattenverk av rostangrepp på grund av för hög kemikaliedosering i kombination med varmt ytvatten och stagnerat råvatten, berättar Kjell Axelson, vice ordförande i Varim med över 40 års erfarenhet från Läckby Water.

Även på senare år har några fall inträffat, både i Sverige och i andra länder. De flesta i branschen har nog någon gång drabbats, det gäller såväl företag inom Varim-gruppen som andra leverantörer.

– Varje gång det har hänt har det förstås gjorts en utredning. Syftet med denna Varim-rapport är att

presentera flera fall för att göra det lättare att identifiera riskerna, och peka på vad som generellt behöver göras för att undvika korrosionsangrepp. För det är ju så, att det kostar pengar och innebär stora problem för både kunder och leverantörer, påpekar Kjell Axelson.

Olika kvalitet på stålet

Så kallade rostfria stål är en grupp metallegeringar som innehåller minst tolv procent krom. När materialet oxideras bildas tunna, mycket stabila och täckande krom- och järnoxider på materialets yta, som skyddar mot fortsatt korrosion.

Det finns fyra huvudgrupper av rostfria stål; austenitiska, ferritiska, ferritisk-austenitiska (så kallat duplexstål) samt martensitiska. Det finns såväl hög- som låglegerade kvaliteter i varje grupp förutom bland de martensitiska stålen som inte brukar användas i kor-



Längst till vänster syns exempel på spaltkorrosion, därefter tre exempel på punktkorrosion och till sist mikrobiologisk korrosion.

rosiva miljöer. Generellt gäller att ju mer krom och molybden som ingår i legeringen, desto mer korrosionshärdigt är stålet. Enligt branschorganisationen Euro-Inox bör andelen krom vara minst 10,5 procent.

Allmän korrosion är ovanlig

Eftersom de rostfria materialen har ett självläkande oxidskikt på ytan förekommer nästan aldrig allmän korrosion, det vill säga en jämn avfrätning av materialets yta. Det förutsätter dock att redoxpotentialen – det vill säga vattnets oxiderande egenskaper – är tillräckligt hög för att passivera. Redoxpotentialen får varken vara för låg eller för hög.

Lokal korrosion ger svåra skador

Skadas ytskikten kan allvarliga problem uppstå mycket snabbt med läckage och rörbrott som följd. Sådana skador kan ge upphov till flera olika typer av korrosion lokalt.

Punkt- och spaltkorrosion uppstår i neutral och sur lösning med höga halter av kloridjoner. Uppbyggnaden av passivskiktet störs och ger ett instabilt skydd där transpassivområdet inträder vid lägre potentialer. Höga temperaturer skyndar på processen. Spaltkorrosion förekommer dock främst i spalter och under utfällningar där den låga syrehalten leder till aktiv upplösning av oxidskiktet.

Spännings- och utmattningskorrosion orsakas av inbyggda spänningar eller återkommande belastningar i lösningar med höga kloridhalter, speciellt om det förekommer reducerande kväve- och svavelföreningar, eller i lösningar med extrema pH-värden. Även här krävs det ofta höga temperaturer för att oxidskikten ska angripas.

Mikrobiologiskt framkallad korrosion kan förekomma under en biofilm där mycket extrema miljöer kan uppstå med väldigt låga pH-värden och produktion av reducerade kväve- och svavelföreningar.

Ytterligare en riskfaktor är när materialet svetsas eller utsätts för andra typer av värmebehandling. Det kan på grund av materialvandring och oxidbildning under värmebehandlingen leda till rostangrepp. Materialet kring det värmebehandlade området oxideras, och de metalloxider som då bildas har väsentligt sämre korrosionsegenskaper än de omgivande.

Även sammanfogningar av olika rostfria stålkvalliteter kan utgöra en risk om inte båda kvaliteterna ligger i passivområdet. Ibland kan också erosionskorrosion uppstå om konstruktionen är ogynnsam, där höga flödes hastigheter, turbulens och förträngningar förekommer. Partiklar i vattnet påskyndar korrosionprocessen.



Fall 1: Läckande rör i simhallen

Plötsligt började rörledningarna i den nybyggda simhallen att läcka. Det var framför allt drivvattenledningen, rören till bubbelpool och vattenmassage samt skvalprännan. Närmare undersökning visade att det hade uppstått punktkorrosion med genomfrätning i rören, framför allt i montagesvetsarna.

Utredningen slog fast att skadorna inte berodde på material- eller tillverkningsfel utan på de rådande bygg- och driftförhållandena. Höga koncentrationer av kloridjoner hade ackumulerats under byggtiden när rörsystemen inte var helt uppfyllda för att sedan torka ut. När rören provtrycks med vatten är det därför viktigt att allt vatten tappas ur och att rören görs rena. Rörmaterialet kan också påverkas om fyllnadsgraden varierar och det blir mycket luft i systemet.

Vattnet i bubbelpool och vattenmassage, där man hade problem med bakterietillväxt, klorerades istället för att renas med UV-ljus. Det orsakade höga kloridhalter, som i kombination med varmt vatten bäddade för korrosion.

Fall 2: Rörläckor i avloppsreningsverket

Rörinstallationen i ett avloppsreningsverk började läcka så fort den togs i drift. Vid slutbesiktningen konstaterades läckor från flera montagesvetsar i huvudrörledningen för spolvatten. Det berodde på spaltkorrosion mellan rör och klämkoppling, gropfrätning på insidan av rör inom den från svets påverkade värmezonen samt gropfrätning i närheten av en svetslagning.

Utredningen konstaterade att det inte var något fel på det stål som använts. Däremot var dess legeringsinnehåll för lågt i en vattenmiljö med höga kloridhalter och varmt vatten. Analys av det utgående vattnet från sandfiltren visade på variationer i kloridhalten mellan 830 mg/l och upp till över 2000 mg/l. Temperaturen kunde uppgå till 28 grader.

Gropfrätning i montagesvetsningen var också att förvänta i den vattenmiljö som rådde. Att även en svets som troligen betats efter svetsning drabbades av gropfrätning visar också tydligt att den rostfria kvaliteten varit för låg.

Fall 3: Rost kring jonbytarfiltren

Vattenverkets byggdes om för att förbättra processerna och öka kapaciteten. Redan under byggtiden inträffade störningar, och när det togs i drift konstaterades korrosionsskador framför allt kring avhär-



nings- och sulfatfiltren. Förutom korrosionsangrepp vid svetspunkter hittades såväl punkt- som spaltkorrosionsangrepp på rördelar från området kring jonbytarfiltren för sänkning av hårdhet respektive sulfathalt. Även i ledningar, som delvis stått vattenfyllda, hade avlagringar och korrosion uppstått.

De utredningar som gjordes pekade ut höga kloridhalter, felaktigt materialval efter filtren, stagnerat vatten och undermåligt rotgasskydd vid svetsning som de faktorer som tillsammans orsakade rostangreppen i vattenverket.

Både rå- och dricksvattnet hade under normal drift en jämn kvalitet med låga kloridhalter. Efter filtren hade dock rostfritt material använts för att transportera regenereringslösningen, som innehåller höga halter kloridjoner. Halterna är så höga att punkt- och spaltkorrosion är att förvänta. Dessutom klorerades sulfatfiltren när förhöjd mikrobiologisk aktivitet upptäcktes. Förhöjd redoxpotential till

följd av klorering kan ha påverkat korrosionsförloppet om kloridjonhalten samtidigt var hög.

Det fanns tydliga tecken på stagnation, som påverkade korrosionsprocessen. Risken förstärktes också av att vattnet var övermättat av kalciumkarbonat som kan orsaka utfällningar, och under dem kan rost uppstå.

Svetsningen hade genomförts med otillräcklig mängd skyddsgas, vilket försvagar materialets motståndskraft mot korrosion. Det är speciellt känsligt i en ofördelaktig miljö som kring avhärdnings- och jonbytarfiltren. Svetsförband får aldrig samma korrosionsmotstånd som grundmaterialet.

Fall 4: Korrosion i brandrörssystemet

I det slutna brandrörssystemet misstänktes korrosion när sediment hittades. Vid inspektion kunde man också se suspenderat material vid vattenytan. Såväl sedimentet och partiklarna som vattnet analyserades.

Analyserna visade att sedimentet innehöll järn och krom, och det höga krominnehållet indikerade korrosionsangrepp på det rostfria stålet i systemet. Partiklarna bestod huvudsakligen av kalciumkarbonat, som kan orsaka utfällningar. Temperaturen i systemet var tillräckligt hög för att orsaka utfällningar. Vattnet innehöll relativt höga halter av klorid och svavelreducerande föreningar, ett tecken på mikrobiologisk aktivitet i rörssystemet.

Slutsatsen blev att det var bakterietillväxten i kombination med det stillastående vattnet i rörssystemet som låg bakom rostangreppen.

Det finns inget rostfritt stål

Gemensamt för fallbeskrivningarna är att de rostfria materialen har drabbats av lokal korrosion, och att förloppet varit mycket snabbt. Ofta har problemen inträffat redan under byggtiden. Det har också rört sig om de vanligaste typerna av rostangrepp; punkt- och spaltkorrosion, korrosion på grund av otillräcklig behandling efter svetsning och mikrobiellt orsakad korrosion. I samtliga fall har flera faktorer samverkat för att orsaka korrosionsangreppen.

I två av fallen var materialvalet inte anpassat till de rådande vattenmiljöerna, och vattnet borde ha analyserats noggrannare. Vanliga austenitiska standardstål som 1.4301, 1.4401 eller 1.4436 (EN-standard) är tillräckliga i de flesta delar av avlopps- och dricksvattensystemen. Alternativ i krävande vattenmiljöer kan vara 1.4462 (duplex 2205), 1.4410 (superduplex 2507), 1.4547 (austenitiskt 254SMO) eller, i

Svetsa på rätt sätt

Svetsning innebär alltid ökad risk för korrosion, och måste därför göras på rätt sätt av utbildad personal. All svetsning ska göras av svetsare som innehar svetsarprovning enligt EN 287:1.

När svetsfogning utförs som TIG-svetsning, kvalitetsnivå enligt EN ISO 5817:2003, används rotgasskydd med <100 ppm syrgaskoncentration, enligt Force Institut Referensatlas – likt kvalitetsnivå C, samt efterföljande utvändig betning. Upphängningsanordningar med mera svetsas med invändigt rotgasskydd med <200 ppm syrgaskoncentration enligt kvalitetsnivå D. För godkännande krävs betyg 3-grön utan rotfel.

Tabeller med spoltider för rotgasskydd ska följas. Efter provtryckning bör rörssystemet tömmas helt för att undvika stillastående vatten. Efter klorering av rör ska dessa rensas och sedan tömmas.

Vid installation med kända skadliga medier, exempelvis höga halter av klorider/varmt vatten rekommenderas plaströrssystem i PVC, PP, PE eller i annat passande plastmaterial.

extrema fall, 1.4652 (austenitiskt 654SMO). För lastbärande delar i simhallar är det inte tillåtet att använda 1.4301, 1.4401 eller 1.4436 på grund av risken för spänningskorrosion. Även undermåligt utförda svetsningar är känsliga för korrosion. Vattenmiljöerna har också i samtliga fall varit ogynnsamma, och orsakat rostangrepp:

– En av de viktigaste lärdomarna är hur viktigt det är att undvika förhöjda kloridhalter, vare sig vattnet är bräckt eller behandlas med höga klordoser. Det gäller också att vara försiktig med stillastående och stagnerat vatten samt temperaturen, säger Kjell Axelsson.

Vattenkvaliteten viktig för att undvika rostangrepp

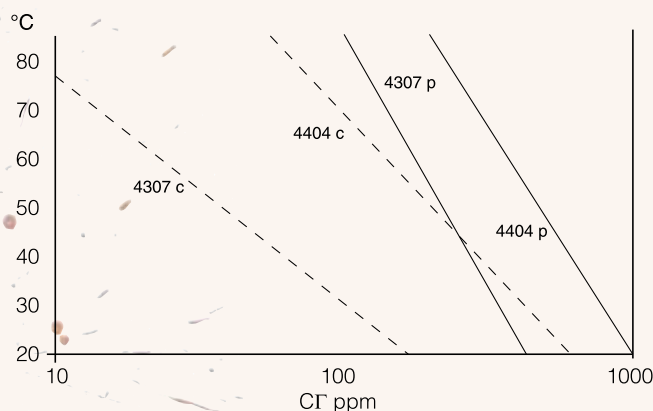
Förutom val av kvalitet på stålet, driftsmässiga och konstruktionsmässiga överväganden är vattenkvaliteten av avgörande betydelse för risken för korrosion.

Varierande vattenkvalitet

Vatten som används i kontakt med metalliska material måste ha en jämn och stabil kvalitet. Eftersom skyddsskikten som bildas på metallytan är beroende av den miljö de bildats i kan en fluktuerande vattenmiljö skapa förutsättningar för upplösning och om-lagring som i sin tur försvagar de skyddande oxidskikten. Rostfria material klarar dock måttliga variationer i vattenkvaliteten.

Höga kloridjonhalter

Den vanligaste orsaken till korrosionsangrepp på rostfritt stål är en allt för hög kloridjonhalt i förhållande till arbetstemperaturen. Risken för punkt- och spaltkorrosion ökar med stigande temperatur, och således måste kraven (på kloridjonhalten) ställas i förhållande till arbetstemperaturen.



Diagrammet visar att det finns risk för att punkt- och spaltkorrosion (p) uppstår om man ligger på temperaturer och kloridhalter på linjen och till höger om den. De austenitiska stålerna 1.4307 och 1.4404 enligt EN-standard motsvarar 304 och 316 enligt ASTM. Fler faktorer kan dock påverka som pH, sulfater och nitrater, se nedan.

Höga halter desinfektionskemikalier

För att undvika bakterietillväxt tillsätts ofta desinfektionskemikalier vid till exempel dricksvattenberedning och i simhallar. Ofta används någon typ av klorförening. Monokloramin är den svagaste medan såväl hypokloritjoner som klordioxid i hög grad påverkar vattnets redoxpotential. Speciellt i vatten med hög kloridjonhalt är risken att det rostfria materialet överförs i transpassivområdet till följd av höga halter desinfektionsmedel. Hur hög halt av desinfektionsmedlet som kan tolereras är således inte bara en funktion av desinfektionsmedlet och dess oxiderande inverkan, utan också vid vilken potential transpassivområdet inträder.

Den halt av desinfektionsmedel som kan tillåtas i vatten som har kontakt med rostfria material är således beroende av kloridjonhalten i vattnet, temperaturen, vattnets pH och kvaliteten hos det rostfria stålet.

Låga redoxpotentialer

En viktig parameter är att upprätthålla en tillfredsställande redoxpotential. Den är ett mått på vattnets oxiderande egenskaper, och bestäms av vilka ämnen som finns i vattnet. Vanligen bestäms redoxpotentialen av vattnets innehåll av syre och eventuella desinfektionskemikalier, men också ämnen som järn- och manganjoner och förekomst av organiska ämnen och mikrobiologisk aktivitet påverkar redoxpotentialen.

Mikrobiologisk aktivitet bryter ned organiskt material men samtidigt förbrukas syre. När syret har förbrukats använder mikroorganismerna istället nitrat- och sulfatjoner som syrekälla, och då omvandlas de istället till reducerade kväve- och svavelföreningar, bland annat ammonium- och sulfidjoner.

Reducerade kväve- och svavelföreningar

Dessa föreningar innebär, förutom dålig lukt, ökad risk för särskilt spännings- och utmattningskorrosion. De bildas i första hand som ett resultat av anae-



rob mikrobiologisk aktivitet i vatten med låg syrehalt. Reducerade kväveföreningar kan också ha sitt ursprung i föroreningar från jordbruk och avlopp. Låga halter av ammoniumjoner kan tolereras medan sulfidjoner bestämt bör undvikas.

Mikrobiologisk aktivitet

Mikrobiologisk aktivitet bör undvikas av flera olika skäl. Dels kan utfällningar av organiskt material i form av biofilm skapa förutsättningar för spaltkorrosion, dels kan mikrobiologiskt inducerad korrosion uppträda till följd av den mycket extrema miljö som kan finnas under en biofilm. Vidare kan den mikrobiologiska aktiviteten producera oönskade föreningar som reducerade kväve- och svavelföreningar.

En förutsättning för mikrobiologisk aktivitet är tillgång till näringsämnen, där speciellt kolkällan i form av naturligt organiskt material (NOM) kan begränsas. Det är inte bara förekomsten av NOM utan också i vilken form NOM föreligger som är betydelsefull. Nedbrytning av organiskt material genom tillsatser av desinfektionsmedel ökar den mikrobiologiska tillgängligheten.

Extrema pH-värden

Risken för flera typer av lokala rostangrepp ökar vid låga pH-värden, speciellt om det också finns kloridjoner och/eller reducerade kväve- och svavelför-

eningar. Rostfria stål är dock för det mesta mycket okänsliga för de pH-värden som förekommer vid dricksvattenberedning.

Möjlighet till utfällningar

Under utfällningar finns det risk för framför allt spaltkorrosion. Organiska beläggningar uppträder i första hand som en följd av mikrobiologisk aktivitet men även rent kemiska och fysikaliska reaktioner kan leda till utfällningar. Inte sällan fälls organiskt material ut tillsammans med oorganiska utfällningar så att omfattningen förstärks.

Några exempel på oorganiska föreningar som kan ställa till problem med utfällningar är järn- och manganföreningar, silikater, kalciumkarbonat. Kalciumkarbonat är en svårslöslig förening, och risken för att utfällning ökar vid stigande pH-värde. Dess löslighet är omvänt temperaturberoende jämfört med flertalet svårslösliga kemiska föreningar. Lösligheten minskar vid stigande temperatur. Vid låga temperaturer kan en viss övermättnad av kalciumkarbonat tolereras eftersom utfällningsreaktionen är kinetiskt hämmad.

Utfällningar kan också bildas som partiklar i vattenfasen. Dessa partiklar kan vid situationer med hög strömningshastighet i krökar och förträngningar skapa förutsättningar för erosionskorrosion. Rostfria material är dock normalt sett relativt okänsliga för denna korrosionstyp.

VARIM VILL:

- **Förenkla upphandlingar!**
- **Sprida kunskap och teknik!**
- **Samla de bästa i branschen!**

VARIM är vattenreningsindustrins egen mötesplats. I den här organisationen samlas företag som vill göra bättre affärer, som vill leda den tekniska utvecklingen och som framför allt delar en vision:

Sverige har den bästa vattenreningsindustrin i världen

VARIM är branschorganisationen för konsulter, entreprenörer och produktföretag som arbetar med vattenrening och vattenbehandling.

VARIM:s uppgift är att göra branschen och våra medlemsföretag mer effektiva och hjälpa dem att skapa en sund och lönsam verksamhet. Det gör vi framför allt på tre sätt:

- VARIM ser till att den rätta och den senaste kunskapen om effektiv vattenrening sprids till och mellan medlemsföretagen.
- VARIM ställer höga krav som våra medlemmar måste leva upp till.
- VARIM underlättar affärerna i branschen t ex genom att förenkla och standardisera kraven i upphandlingar.

Korrosion på rostfria produkter har blivit allt vanligare. För att skapa ökad förståelse för korrosion, och visa vilka lösningar som finns, har VARIM sammanställt denna rapport. Rapporten är en del av VARIMs arbete med att sprida kunskap och utveckla branschen. Vi ger därför med jämna mellanrum ut rapporter och utredningar inom aktuella områden. Mer detaljerad information går att hitta på VARIMs hemsida.

BOX 5510 114 85 STOCKHOLM
Besöksadress: Storgatan 5
varim@teknikforetagen.se
Tel: 08-782 08 50
www.varim.se

