



UTREDNING

1 (16)

Handläggare

Fredrik Bruno

Tel 08-657 1324

Mobil 070-683 43 88

Fax 08-657 37 57

fredrik.bruno@afconsult.com

Datum

2007-03-15

Uppdragsnr

313779:21

Tryckkontroll vid återkommande besiktning/revisionsbesiktning

På uppdrag av Sodahuskommittén har vi sammanställt aspekter på utförande av tryckkontroll vid återkommande besiktning i de fall underhållsstoppen kombineras med utbyte av enstaka ångpannetuber i anläggningen, t.ex. uttag av tuber för kontroll av beläggningstjocklek eller utbyte av tuber eller tubkonstruktioner inom ramen för det löpande underhållet av pannan, som utbyte av enstaka luftportar eller löphål eller montage av nya öppningar i pannan. Det vi uppfattar som lämplig omfattning och alternativ kontroll till nuvarande föreskriven omfattning diskuteras i avsnitt 3 nedan.

1	BAKGRUND	2
1.1	Materialtekniska aspekter på provtryckning	2
1.2	Nyare kvalificerade material för domar och deras egenskaper.	5
1.3	Provtryckning och svetsar i tuber.	6
1.3.1	För- och nackdelar med höga provtryckningstryck för tuber	6
2	ALTERNATIVA HANDLINGSVÄGAR.	8
3	REKOMMENDATION OCH SLUTSATS	9
4	BILAGA 1:	10
	GRANSKNING AV EGENSKAPER FÖR 15NICUMONB5	10
4.1	Allmänt	10
4.2	Spänningsinducerad korrosion:	11
4.3	Övriga riskfaktorer	13
4.3.1	Krypduktilitet vid värmebehandling.	13
4.3.2	Krypduktilitet vid temperaturer nära gränstemperaturen.	13
4.3.3	Risk för läckage vid pressade tubinfästningar	14
4.3.4	Risk för spänningskorrosion	14
4.3.5	Risk för sprödbrott	14
4.3.6	Risk för åldring	15
4.3.7	Risk för överåldring	15
4.3.8	Förlängning och plastisk kollaps	15
4.3.9	Krav på vattenkemi	15
4.4	Sammanfattning beträffande 15NiCuMoNb5	16

Uppdragsnamn:
Skapat datum:
Sparat datum: 2007-03-13

Unr:
Version:
Dokument.id:



1 Bakgrund

1.1 Materialtekniska aspekter på provtryckning

Vid återkommande besiktning av pannanläggningar har hittills i allmänhet tillämpats en praxis där man avslutat besiktningen med en tryckkontroll, där provtryckningstrycket har valts att ligga något över pannans högsta tillåtna tryck. Med den tryckkontrollen har det på så sätt verifierats att pannan kan anses vara tät vid uppeldningen.

Praktisk erfarenhet säger oss också att så långt har detta antagande fungerat även i svårare situationer, som vid provtryckning av domar med enbart pressade tubinfästningar eller med tätsvetsningar gjorda över pressade tubinfästningar, i bägge fallen vid sådana tillfällen där det förekommit läckage som åtgärdats genom ompressning och eventuellt tätsvetsning.

Någon enstaka gång har författaren faktiskt varit med om att man tryckt sönder en korroderad tub, vi diskuterar under avsnitt 2 hur vi föreslår att man skall tackla denna komplikation.

Teoretiskt sett är det dock så att mycket små läckage tätar sig själva vid uppeldningen. I samband med uppeldningen förväntar vi oss bildningen av ett passivskikt, d.v.s. kemiska reaktioner på de vattensidiga ytorna, vilka medfört bildningen av ett tätt skikt av järnoxidspinnellen magnetit, Fe_3O_4 . Magnetiten är alltså egentligen en korrosionsprodukt, men genom sina fysikaliska egenskaper har det bildade magnetitskiktet kommit att fungera som ett korrosionsskyddande passivskikt och som ett kitt som ger en avslutande tätning vid t.ex. pressade tubändar. Utan den här fysikaliska processen skulle mängden läckor vid uppeldning vara betydligt högre och problematiken betydligt mer svårbemästrad. Det bildade magnetitskiktet blir till en integrerad del av själva pannan och är en förutsättning egentligen för panndrift överhuvudtaget.

Magnetitskiktets egenskaper, beteende och betydelse för pannans drift och fortbestånd har utretts t.ex. i Värmeforsk rapport nr 53, en rapport som trots att den nu är ganska åldersstigen ger en bred exposé över hur magnetitbildningen fungerar.

Magnetitskiktet har dock en svaghet, det är sprött och har en ytterst måttlig elastisk deformationsreserv. Det räcker med en förlängning på mindre än en procent för att det skall bildas sprickor i det. Deformationsreserven är så liten att den får stor betydelse även vid normal drift av pannor, åtminstone de med lite mer kvalificerade material och lite högre tryck.



UTREDNING

2007-03-15

3 (16)

Detta är egentligen gammal kunskap, som bla. fått sin tillämpning i ”Anvisningar för högtrycksångpannor”, SIS beställningsnummer HPA 1970..

När pannan går är detta inget problem, vid temperaturer över 200°C är magnititbildningstendensen (den s.k. Shikorr-reaktionen) så stark att skiktet blir självläkande. Vid nedeldning däremot förekommer det att det bildas sprickor, och också just provtryckning är ett tillfälle då sprickor uppkommer i magnetitskiktet.

Omfattningen av sprickbildningen blir beroende av hur nedeldningen utförs resp. av hur våldsamt man gör provtryckningen. Vi bedömer att provtryckningen är den större riskfaktorn i detta sammanhang, eftersom temperaturen hos pannvattnet fortfarande är rätt hög under större delen av nedeldningen. Detta gäller speciellt om provtryckningen utförs med högre tryck än pannans ordinarie driftstryck, eftersom ju då magnetitskiktet kan komma att böjas åt olika håll under resp. över det driftstryck, vid vilket det bildats. Det är just böjpåkänningar som är den svåraste påkänningsformen, eftersom spänningarna i materialet som oftast blir relativt sett större då än vid ren dragning.

I medvetande om dessa risker har provtryckning också enligt hittillsvarande praxis vanligen utförts med driftstrycket som riktryck, mer som en täthetskontroll än som en yttersta prövning av hållfastheten hos godset i pannan. Hållfastheten har säkerställts genom provtryckningen vid tillverkningen, då fullt provtryckningstryck tillämpats, dvs 1,3 ggr det fastställda högsta tillåtna trycket. Som framgår av nedanstående så har det provtryckningstrycket ändå haft begränsat värde som test på hållfastheten hos panndelarna vid fullt tryck och driftstemperatur, men praxis och reglerna har varit på det sättet.

För att en provtryckning skall fungera som test på hållfastheten hos konstruktionsmaterialet i pannan så krävs det att man också kompenserar för att materialets beräkningsvärde blir lägre allteftersom man har högre tryck och driftstemperatur i pannan. I PED har man tagit hänsyn till detta och PED, Annex I, Clause 7.4 och de harmoniserade standarderna föreskriver därför att man beräknar provtrycket med en formel som tar hänsyn till beräkningsvärdet vid driftstemperatur resp. provtryckningstemperatur. I gengäld är påslaget något lägre, här 1,25 ggr mot att vi i Sverige tidigare tillämpat 1,3 ggr konstruktionstrycket (alternativt högsta tillåtna trycket), se också § 7.4 i 1999:4.

De fall där den nya faktorn 1,43 istället för 1,3 i Sverige eller 1,5 på kontinenten är inte de vi tänker på här, även om det har funnits en viss enighet här i Sverige tidigare att provtryckningstrycket 1,5 har varit tveksamt, man sägs ha ”tryckt sönder pannorna”. Det beror dock på vilka material som kommit till användning,

Uppdragsnamn:
Skapat datum:
Sparat datum: 2007-03-13

Umr:
Version:
Dokument.id:



UTREDNING

2007-03-15

4 (16)

Man skall också komma ihåg att det är stor skillnad rent materialtekniskt mellan att man använder dessa högre provtryckningstryck vid nyttillverkning eller vid någon enstaka större utbyggnad och att man går upp så högt regelbundet. Vid spänningsinducerad korrosion ökar sprickan i längd bråkdelen av en millimeter för varje gång man spräcker oxidskiktet och korroderar stålet i botten på sprickan. Men efter något tiotal år, så har de bidragen adderat sig till en nedslipning, som sammantaget gör att man riskerar att sänka trycket på pannan.

I och för sig så återbildas ju som vi sagt magnetitskiktet när pannan åter kommer upp till driftstemperatur, men problemet, som min erfarenhet inom pannbranschen säger mig, är att det är färhållandena under uppeldningen som orsakar sprickbildningarna.

Vi talar då enbart om de sprickbildningar, som orsakas av så kallad ”stress induced corrosion”, på svenska ”spänningsinducerad korrosion”. d.v.s. en form av korrosionsstyrd lågcykelutmattning. Denna korrosionsform beskrevs av professorerna Karl Wellinger och Karl Lehr i Tyskland på 60-talet, man brukar även hänvisa till de tyska professorerna Schoch och Spähn, vilka beskrivit fenomenet för den amerikanska publiken.

Om vi ser till ”paradexemplet” för ”stress induced corrosion”, de domar i Fortiweld som tillverkades på 1960-talet, så har dessa domar dessutom råkat ut för en räkka andra fel, som haft lika förödande eller ännu värre betydelse för Fortiwelds dåliga rykte, som extrem sprödhet (omslagstemperaturen kunde höjas till över 100C i reaktortankar, det är därför materialet sedan aldrig kom till användning i Marvikenreaktorn), som återvärmningssprickor, dvs krypsprickor som uppträdde i samband med avspänningsglödningen, överåldring vid för mycket värmebehandling. Hårdheten steg först vid värmebehandling, sedan sjönk den plötsligt dramatiskt, om man värmebehandlade för länge. Krypduktiliteten var låg, vilket också kunde ge sprickbildning. De kunde drabbas av spänningskorrosion i tubinfästningarna (Obbola 1982-83).

De sista domarna och tryckkärlen i Fortiweld är väl nu också på väg till historiens sophög, det har varit ett kvalificerat uppdrag att upprätthålla tryckkärlssäkerheten för dem. Största risken med dem har dock varit att de riskerat att kasseras utan förvarning p.g.a. läckage eller vid något underhållsstopp/besiktning. Erfarenheter från Obbola, Munksjö, Mörrum m.fl. anläggningar har också visat att den praktiska risken är mer på livslängdssidan än på olyckssidan. Det är dock icke oväsentliga risker som måste hållas under absolut kontroll för att de skall kunna accepteras som säkra och godkännas för användning av besiktningsmännen.

Uppdragsnamn:
Skapat datum:
Sparat datum: 2007-03-13

Umr:
Version:
Dokument id:



UTREDNING

2007-03-15

5 (16)

Inom parentes kan nämnas att vi bedömer att användning av dessa material kräver att man har ett pannvatten, där man kontrollerar att det inte kan uppstå s.k. fritt alkali, se närmare under avsnittet ”spänningskorrosion”.

Idag aktuella dommaterial måste naturligtvis bedömas efter samma kriterier och de idag mest aktuella i befintliga äldre och nybyggda anläggningar har de här egenskaperna under kontroll. Detta diskuteras i avsnitt 2 och 3.

1.2 Nyare kvalificerade material för domar och deras egenskaper.

Domar och motsvarande grövre tryckkärl tillverkas idag i olika materialkvaliteter:

Finkornbehandlade stål med sträckgräns 355 N/mm², t.ex. 20 MnNb6.

Altherm 55 (äldre material, i stort sett liknande det nämnda 20 MnNb6)

15NiCuMoNb5: Idag mest aktuella dommaterial för pannor med höga tryck. Materialet är idag standardiserat enligt harmoniserad materialstandard för tryckkärl i tjocklekar upp till 200 mm.

ASME-material av typ A515, grade 70 och liknande ”skräckmaterial” har vi sett under tillverkning på verkstäder nere på kontinenten i godstjocklekar på över 100 mm, men det är inte för den svenska marknaden, och de används väl hoppeligen ingen annanstans heller längre.

Tidigare har i Sverige godkänts ett antal höghållfasta stål av Domex- och OX-typ med höga sträckgränser som tryckkärlsstål, t.ex. OX700. Våra resonemang om särskilt förfarande vid återkommande besiktning/revisionskontroll gäller också dem, även om vi inte känner till att de använts som dommaterial i svenska ångpannor och egentligen inte vill rekommendera dem till det heller.

Vi har valt att utföra vår granskning med utgångspunkt från vad som kan hända med domar i 15NiCuMoNb5, eftersom det har blivit det vanligaste materialet för tillverkning av domar på den svenska marknaden för pannor med kvalificerade ångdata. Det är dessutom standardiserat i harmoniserad EN-standard, vilket gör att det inte kan ifrågasättas inom den gemensamma marknaden. Jämförelse görs med det äldre materialet Fortiweld, vilket ju är illa beryktat sedan det har haft omfattande problem vid sin användning till domar i svenska soda- och kraftpannor.

Uppdragsnamn:
Skapat datum:
Sparat datum: 2007-03-13

Urn:
Version:
Dokument id:



De finkornbehandlade stålen med ca 355 N/mm² som beräkningsvärde vid rumstemperatur är mer godartade, även om också de kräver en viss återhållsamhet, eftersom även de kan råka ut för spänningsinducerad korrosion.

1.3 Provtryckning och svetsar i tuber.

1.3.1 För- och nackdelar med höga provtryckningstryck för tuber

Vi rör oss med heldragna tuber, vilket innebär att de svetsar som förekommer är dels skarvsvetsar och dels svetsar som ligger utvändigt på tuberna och som förbinder dem med membran, fenor, hakar, avväxlingsplåtar, eventuellt andra intilliggande tuber och liknande.

För skarvsvetsarna (inklusive eventuellt förekommande lucksvetsar) blir det förhöjda provtryckningstryck som föreskrivs i PED, Annex I, Clause 7.4 och som förutses tillämpas enligt AFS 2005:03 avsnitt 29 inte verksamt, eftersom svetsarna kommer att ligga i omkretsriktningen och spänningarna över svetsen (tvärs svetsen) därmed enligt ångpanneformeln kommer att vara hälften av spänningarna i omkretsriktningen. Provtryckningen kommer enbart att avslöja genomgående porer och sprickor, defekter som erfarenhetsmässigt visar sig redan innan man kommit upp till fullt provtryckningstryck. Man vinner därför inte några fördelar vad avser själva svetsarna med ett förhöjt provtryckningstryck vid tryckkontroll efter utförda tubbyten.

Man kan istället peka på möjliga defekter, som skulle överleva en högtrycksprovtryckning, men som ändå snart skulle leda till haveri hos komponenten. Om vi har en tub, som är utsatt för böjspänningar och den är t.ex. insvetsad i form av ett T-stycke och denna svets innehåller en ej genomgående spricka i omkretsriktningen, så skulle den tuben snabbt kunna gå till brott om det uppträder böjpåkänningar i tuben, samtidigt som defekten inte skulle ge upphov till brott eller läckage vid provtryckningen.

En annan nackdel är att den förstärkta provtryckningen bara hittar de fel som ligger över eller mycket nära brottriskströskeln. Svetsar med ganska stora lokala svetsfel skulle fortfarande kunna passera utan att ge läckage eller brott, trots alltså att de kan ha en begränsad hållfasthet och livslängd som egentligen borde ha föranleda att de går till brott på kort tid.

Tillväxthastigheten för en defekt i slutskedet av en utmattningsprocess kan förväntas vara så snabb att provtryckningen har begränsade möjligheter att hitta den när man nöjer sig med t.ex. en inspektion med provtryckning varje år.



UTREDNING

2007-03-15

7 (16)

I och för sig skulle ett förhöjt provtryckningstryck kunna användas för att frambringa att svårt korroderade tubpartier skulle brista. Jag känner ju också till enstaka exempel på detta.

Man kan diskutera t.ex. om så skulle ha varit fallet för Vallviksskadan 1998, då den tuben som brast var nedkorroderad till enbart någon knapp millimeter på det kritiska partiet.

Detta hade dock ingenting med tubbyten eller återkommande eller revisionsbesiktning att göra. Beräkningen är väl egentligen också sådan, att för att man skall få brott på en nedkorroderat panntub i samband med en återkommande besiktning, så förutsätter det att tuben är så nedkorroderad att den egentligen borde ha brustit av det inre trycket innan pannan eldades ner.

Behovet av att upptäcka utbredda nedkorroderade partier tillfredsställs också i hög utsträckning med de mätningar med FST-GAGE och liknande metoder (FST-GAGE är en kontinuerlig ultraljudmetod för tjockleksmätning som används av ÅF-Kontroll. Inspecta använder jämförbara virvelströmsmetoder, se deras hemsida). FST-GAGE ger indikation på tunna partier långt före det man skulle få ett brott av en nedkorroderad tub med hjälp av en "brutal" provtryckning.

Vi bedömer att FST-GAGE-provning är ett betydligt skarpare vapen mot skador av typ Vallvik 1998, i jämförelse med vad en högtrycksprovtryckning skulle kunna komma i närheten av. För eldstaden torde detta vara utom diskussion. För tubsats och ekonomiser kan naturligtvis utbredda korrosionsskador upptäckas på detta viset. Så var ju också den ursprungliga avsikten med provtryckning vid återkommande besiktning. Invändningen är då att provtryckningen i så fall bör utföras vid varje besiktning och inte enbart när man bytt tuber.

Vi har här inte diskuterat provtryckning av ångturbiner och turbinhusen till dessa, men vill i sammanhanget erinra om de snäva toleranser som utmärker dessa objekt och gör därför den bedömningen att turbinägare och turbinleverantörer har anledning att bevaka att turbinhusen inte utsätts för yttre belastningar som kan påverka de toleranser som dessa har att innehålla.

Det bör också framföras att kostnadsmissigt är det ju, ytligt sett, enklare att provtrycka pannan med ett högt kontrolltryck i jämförelse med ställningsbygge och provningstid/personaltid för en FST-GAGE-mätning. FST-GAGE-mätningarna är dock inte ifrågasatta av pannägarna oavsett detta. Däremot hyser man vissa dubier om vad som går att åstadkomma i praktiken av höga provtryckningstryck i de fall man har kvalificerade material på gränsen till deras prestationsförmåga.

Uppdragsnamn:
Skapat datum:
Sparat datum: 2007-03-13

Umr:
Version:
Dokument id:



2 Alternativa handlingsvägar.

För pannor gäller att man gör tubtjockleksmätningar med FST-GAGE eller motsvarande teknik. Efter att ha i ett inledande skede bestämt var det korroderar som besvärligast koncentreras mätningarna allteftersom mot de mest besvärliga ställena. Man skulle alltså inleda med en s.k. ”nollmätning” och därefter en totalmätning t.ex. i normalfallet efter ett par års drift. Därefter koncentreras på korroderande och misstänkt korroderade partier under några år, varefter man gör en nya totalmätning när så kan anses påkallat

Vid skarvsvetsning av tuber, t.ex. efter skarvsvetsning, görs ellips-röntgen med två filmer med mot varandra vinklade strålningsriktningar. Detta kombineras med magnetpulver alternativt penetrerande vätska beroende på material (svart alternativt rostfritt).

Detta kombineras med en ”förenklad tryckkontroll” där kontrolltrycket sätt till 1,05 x högsta tillåtna tryck.

Sammantaget ger det en bättre säkerhet än den provning som en tryckkontroll med provtryckningstryck enligt PED skulle ge.

Även för större svetsarbeten, t.ex. i domar, lådor eller fallrör eller motsvarande rekommenderar vi fortfarande och på samma grunder ovannämnda förenklade tryckkontroll i kombination med för ändamålet lämpliga OFP-metoder

I de fall en panna har pressade tuber kombineras den förenklade tryckkontrollen med en långsam tryckupptagning till 16 bar, vid vilket tryck pannan får gå under minst 8 timmar för att säkerställa att det bildas ett magnetitskikt som fyller upp spalter och eventuella porer och liknande. Magnetitskiktet är en naturlig del i den barriär som själva tryckkärlet utgör och är för enbart pressade tubändar den tätning som utgör grunden för den pressade tubinfästningen. Genom den kontrollerade uppkörningen så säkerställs bästa möjliga egenskaper och funktion för detta passivskikt.

Det rekommenderas att det, där så är möjligt, används avgasat matarvatten till att fylla pannan och att man drar av ordentligt med ånga under uppeldningsskedet för att underhand avlägsna allt syre som kan finnas i det vatten som finns i eldstadstuberna och domen (domarna). Användning av syrereduktionsmedel under uppeldningsskedet bör undersökas, men kräver att alla konsekvenser blir ordentligt utredda, så att man inte står där med t.ex. okompenserad icke flyktig restalkali i pannvattnet.



Lämplig omfattning på åtgärder av nämnda slag anpassas individuellt till varje panna beroende på hur den är konstruerad och vilka material som kommit till användning i de mest utsatta delarna (dvs. i första hand domen).

3 Rekommendation och slutsats

Med utgångspunkt ifrån den tekniska genomgången ovan drar vi den slutsatsen att enligt vår bedömning kravet på förhöjt provtryckningstryck, som det uttrycks och beräknas i AFS 1999:04 punkt 7.4, är kontraproduktivt när det kommer till användning i samband med återkommande besiktning och revisionsbesiktning enligt § 29 i AFS 2005:03 (enligt kommentardelen) och på så sätt sätts i regelbunden användning vid de återkommande besiktningarna.

Med detta menar vi att:

a: tryckkontrollerna utgör en så stor ansträngning på materialet att det medför befogad risk för skador på anläggningen, som sätter ner anläggningens säkerhet alternativt dess livslängd. Problem uppstår både vad avser spänningsinducerad korrosion, som vad avser sprödbrott under själva provtryckningen.

b: det höga trycket vid tryckkontrollen innebär inte någon bättre kontroll. Svaga skarvsvetsar kommer inte att brista vid provtryckningen. Kommer svetsfel som porositeter eller pipes att förorsaka läckage, så kommer defekterna enligt vår bedömning att läcka ändå redan vid lägre tryck. Däremot kan pressade tubinfästningar (även pressade och tätsvetsade) skadas. Det är därför vi anser att man fortfarande skall ha en tryckkontroll, men med ett till materialet bättre anpassat kontrolltryck, som ersättning för den tryckkontroll som idag föreskrivs.

c: att med de kompletterande åtgärder, som vi har föreslagit, så erhåller vi en bättre säkerhet gentemot att befintliga svagheter skulle slinka förbi argusögat vid besiktningen efter vidtagna reparationer och åtgärder.

d: lämpligt program för provning och kontroll bör utformas individuellt för varje enskild panna beroende av material och konstruktion och beroende av vilka åtgärder som utförts vid det individuella stoppet. Naturligtvis skall besiktningarna också planeras med hänsyn till den korrosion och andra materialskador, som kan förväntas uppkomma som en följd av driftsbetingelserna i den individuella pannanläggningen.



4 Bilaga 1:

Granskning av egenskaper för 15NiCuMoNb5

4.1 Allmänt

Vi har valt att som underlag för den här dispensansökan närmare granska vad vi bedömer kan bli problem med de i Sverige rätt nya materialen med högre hållfasthet. Ett sådant material som används idag för biopannor, större sodapannor mm med tryck vid eller över 100 bar är 15NiCuMoNb5. Materialet ifråga är standardiserat i harmoniserad materialstandard EN 10028-2:2003 med W.Nr. 1.6368 och säljs bl.a. av Dillinger Hüttenwerke som Diwa 373, en annan beteckning har varit Thyssen-Krupp Stahl AG:s WB36. Det har tidigare använts med utgångspunkt från ett VdTüV-blad nr 377/1.

Detta tryckkärlsstål har på kort tid blivit relativt vanligt i nyare pannor. Samtidigt är det ett kvalificerat material med höga värden för hållfasthet etc.

Ett antal sådana sodapannor och biopannor står idag redan på svensk mark. Det materialet förefaller också nödvändigt att använda, när vi strävar efter att bygga energieffektiva anläggningar, där en större andel av värmets från bränslet kan utnyttjas till elektricitetsproduktion. Vi känner till domar med diameter över två meter och godstjocklekar bra mycket över 100 mm, även om de mest kvalificerade pannorna härvidlag inte hamnat i den svenska myllan. Högsta godstjocklek är 200 mm enligt standarden.

Detta material vill vi jämföra med det tidigare så bekymmersamma Fortiweldstålet, som för ett knappt halvsekel sedan för en kort tid ansågs vara den ultimata lösningen på behovet av ett tryckkärlsstål med högre hållfasthet. Eftersom det materialet har varit mycket omdiskuterat så finns det anledning att utgå ifrån det materialets olika haverier och skador när man skall bedöma vilka risker som finns idag och vilka säkerhetsåtgärder som är nödvändiga för att materialet skall kunna användas, framförallt på ett säkert sätt, men också med en lång och ekonomiskt tryggt livslängd.

Om vi nu jämför med Fortiweldstålet som dommaterial i pannor med kvalificerade ångdata, så kan vi beträffande de olika riskerna för olika former av haverier och problem förbundna med materialvalet säga ungefär följande:



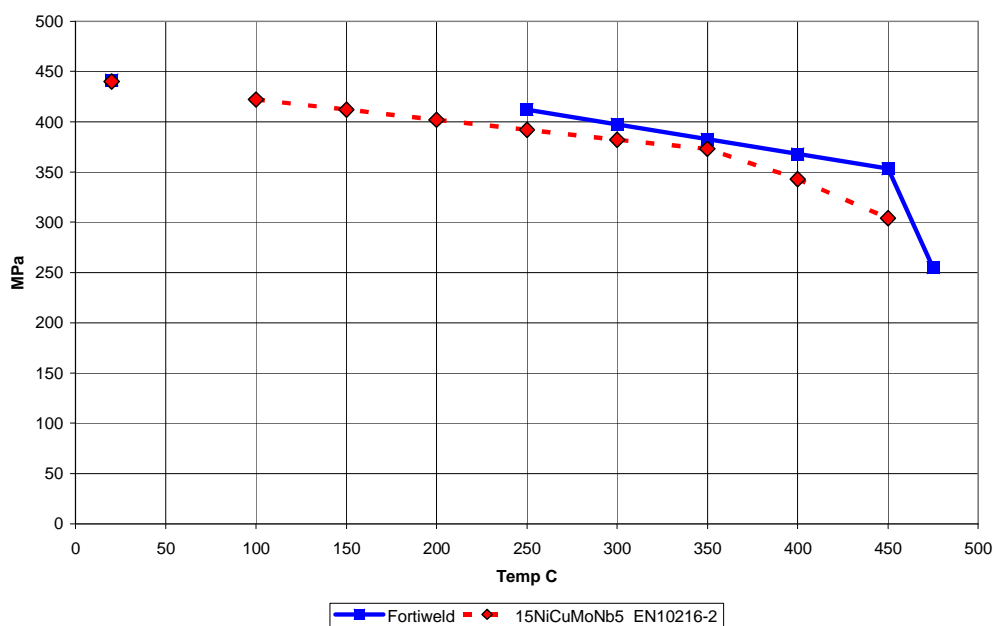
4.2 Spänningsinducerad korrosion:

Eftersom stålet 15NiCuMoNb5 har höga värden för sträckgränsen och därmed också beräkningsvärdena, så kan det också förväntas bli utsatt för stora spänningsändringar i samband med nedeldning och uppeldning.

Riskerna och eventuell sprickbildning är beroende av antalet upp- och nedeldningar och påverkas inte av drifttidens längd mellan underhålls- och inspektionsstopp. Snarare är det så att om man har långa inspektionsintervall så får man ju som en följd av detta ett färre antal upp- och nedeldningar under pannans drifttid, det är faktiskt bättre att bara ha 5 stopp på 10 år än att ha det dubbla för att man måste leta efter sprickor. De enskilda nedeldningarna blir istället viktigare med krav på noggrann sprickkontroll vid de stopp som sedan görs och med krav på låg syrehalt i pannvattnet i samband med uppeldningen efter stoppet, den period då vi bedömer att det mesta av den skadliga sprickbildningsprocessen äger rum..

Vid en jämförelse med Fortiweld så är beräkningsvärdena för 15NiCuMoNb5 höga, men inte fullt lika höga som för Fortiweld. Skillnaden är emellertid liten och även 15NiCuMoNb5 kräver särskild uppmärksamhet och extra motåtgärder för att inte det här skall bli ett problem. DesignstandardEN EN 12952-3 uppmärksammar problemet med spänningsinducerad korrosion i avsnittet 13.4.3, underhållsstandardEN EN 12952-4 i annex B, avsnitt B.4.

Varmhållfasthetsvärden





UTREDNING

2007-03-15

12 (16)

Det är inte heller själva beräkningsvärdena som styr risken för spänningsinducerad korrosion, utan det är den verkliga sträckgränsen och den verkliga sträckgränsen brukar dessutom öka en aning med tiden. Både Fortiweld och 15NiCuMoNb5 är material med findispersa faser som åldras, vilket åtminstone för Fortiwelds del innebär att de mekaniska egenskaperna går mot högre hållfasthet och lägre seghet som en följd av användningen vid driftstemperaturen.

Spänningsinducerad korrosion finns alltså kvar som riskfaktor för 15NiCuMoNb5 och det i en utsträckning, som närmar sig Fortiweldstålets. Den spänningsinducerade korrosionen kan sedan motverkas genom särskilda åtgärder, främst i samband med tillverkningen och vår bedömning är att tillverkningen av Fortiwelddomarna inte nådde upp till dagens krav. Mycket har också fått göras i efterhand med dessa domar.

De åtgärder man vidtar kan vara slipning av alla svetsar och andra spänningskoncentrationsställen, så att spänningskoncentrationsfaktorerna hålls så låga som möjligt. Detta är ingen omöjlighet att åstadkomma, även om det naturligtvis höjer kostnaden för produkten. Detta bör betonas redan nu, eftersom det annars kan "komma surt efter", vi har ju exemplet med Obboladomarna, där man nu efter 40 års drift har blivit nödtvungna att slipa så mycket, att man måste sänka trycket på pannan.

Börjar man slipa i bildade sprickor, så skapar man nya böjspänningstillstånd i domplåtarna. Det är därför viktigt att man börjar slipa utsatta ställen i dessa domar redan vid tillverkningen, så att man undviker att få dessa böjspänningar som påbröd på de redan höga spänningar, som dommaterialet skall tåla redan från början.

Den spänningsinducerade korrosionen kan också undvikas om man håller ner syrehalten under nedeldningarna (pannstoppen). Det är särskilt uppeldningsskedet som är illa utsatt, eftersom man normalt inte kan garantera att vattnet i pannan är syrefritt. Även om pannan har varit försluten och inte tömd, så har det ändå brukat kunna läcka in syre till pannvattnet, så att det finns risk för syrekorrosion där stålet under passivskiktet kan ha blivit blottlagt.

Den spänningsinducerade korrosionen är den riskfaktor som kvarstår för dessa höghållfasta stål. Tubinfästningarna kan också ge problem om domen utsätts för höga spänningar, dvs "vårdslös" provtryckning. Detta gäller även om de är tätsvetsade, det är inte bra om de pressade delarna av tubinfästningarna släpper i greppet, även om infästningen åtminstone initialt hänger ihop som en följd av att tätsvetsen håller den samman.

Får man spalter in i dommaterialet på de ytor som är värmda kvarstår också en risk för spänningskorrosion av samma typ som Obbola råkade ut för 1982-1983.

Uppdragsnamn:
Skapat datum:
Sparat datum: 2007-03-13

Urn:
Version:
Dokument id:



Detta är en sekundärskada som motverkas genom noggrann kontroll av initierande sprickbildning och motverkande av uppkomsten av spalter i pressade tubinfästningar. Spänningskorrosionen kan också undvikas genom en väl avpassad vattenkemi.

4.3 Övriga riskfaktorer

Övriga riskfaktorer som tidigare var förbundna med dommaterialet Fortiweld i sig bedömer vi som att man har arbetat bort (extrem sprödhet, krypsprickbildning vid avspänningsglödning/värmebehandling, hållfasthetsförlust vid överåldring).

4.3.1 Krypduktilitet vid värmebehandling.

Historiskt sett har det inträffat skador av den här typen med material som Fortiweld och DIN-stålet 14MoV63. Endast mycket tjocka gods och inspända konstruktioner och endast material med mycket låg krypduktilitet har varit berörda. Det är skillnad på Fortiweld och 15NiCuMoNb5, på så sätt att Fortiweld är bainitbehandlat med bor, medan 15NiCuMoNb5 innehåller findispersa, men inte alltför svårösliga niobkarbider etc. Fortiweld har därför lägre krypduktilitet. 15NiCuMoNb5 har visserligen sin lägsta dragprovduktilitet vid 300°C, men A₅ är fortfarande ca 19% som lägst.

Anledningen till det tolkar vi som dynamisk deformationsåldring, vilket då säger oss att duktiliteten vid den här temperaturen skulle vara högre om man drog av dragprovet med en betydligt lägre deformationshastighet.

Skadetyper med låg krypduktilitet tror vi därför inte att den är aktuell här och påverkar inte heller en bedömning av huruvida ett högt provtryckningstryck skulle vara lämpligt eller inte. Skadorna upptäcks relativt lätt med vanlig OFP vid tillverkningskontrollen, gör man inte det finns det risk för att man spränger domen genom sprödbrott vid en eventuell provtryckning.

Det finns anledning att påpeka att den nya max-tjockleken för plåtarna är 200 mm, vilket innebär att tredimensionell krypning måste beaktas i större uträkning än tidigare, då man tidigare har erfarenhet enbart från mindre tjocka plåtar.

4.3.2 Krypduktilitet vid temperaturer nära gränstemperaturen.

Detta är inte aktuellt i det här sammanhanget. Domar och liknande vattenfyllda delar kommer inte upp i kritiskt temperaturområde. Beträffande ångledning och eventuell provtryckning av ångledning, så får det diskuteras i på annat ställe den dagen något sådant skulle bli aktuellt.



4.3.3 Risk för läckage vid pressade tubinfästningar

Vi rekommenderar definitivt inte pressade tubinfästningar, särskilt inte i kombination med material med hög sträckgräns. Höga provtryckningstryck kan få pressade tubinfästningar att läcka och då finns det stor risk för spänningskorrosion, se nästa kapitel.

Även tätsvetsade tubinfästningar med pressade tubändar tar skada av ett för högt provtryckningstryck, även om tätsvetsningen sannolikt gör att tubinfästningen håller tätt i alla fall, åtminstone till en början. Överhuvudtaget kräver pressade tubinfästningar att man fäster särskild vikt vid infästningens stabilitet när de yttre spänningarna i materialet ökar i förhållande till de restspänningar, som håller ihop inpressningen efter själva invalsningsprocessen.

4.3.4 Risk för spänningskorrosion

Stål med hög hållfasthet, som t.ex. de EN-standardiserade stålqualiteten 15NiCuMoNb5 bör inte användas i kombination med pressade tubinfästningar utan att dessa samtidigt är tätsvetsade. Spänningskorrosionsrisken blir annars densamma som för Fortiweld, och det beror i första hand inte på materialet utan på pannvattenkemin. Alla stål med mycket hög sträckgräns kan vara utsatta för denna risk om det i konstruktionen finns partier med värmda ytor med tjockt gods och där det uppstår spalter.

Sådana farliga spalter kan orsakas av t.ex. att man har ej helt täta tubinfästningar av valsad/pressad typ eller av att det bildats djupa sprickor i domgodset på den sida, som är vänd mot rökgaserna (d.v.s. om partiet med sprickan i domen är i kontakt med rökgaserna så att man får en temperaturgradient, är temperaturen däremot helt jämn genom hela domgodsets tvärsnitt finns det inte någon risk för spänningskorrosion orsakat av restalkalit i pannvattnet).

Den här risken är annars ett starkt argument för att man måste vara särskilt försiktig när man har en dom i höghållfast material och pannan är konstruerad så att den till någon del är värmd i rökgaserna. Bildas det sprickor av "spänningsinducerad korrosion" på den värmda sidan, så kan dessa leda till spänningskorrosion och då kan en verkligt farlig situation uppstå.

4.3.5 Risk för sprödbrott

Minimikrav på slagsegheten enligt EN10028-2, tabell 3 är 27 J vid -20°C. Risk för sprödbrott kan främst vara ett problem i samband med provtryckning och ett högt provtryckningstryck kommer att ställa orimliga krav på slagsegheten för domar i tjocka gods.



Sprödbrottrisen innebär rimligen inte någon fara för person, men kan spoliera tryckkärlet, jämför vad som hände med barkpannan i Mörrum (en Fortiwelddom) år 1973, när man tryckte sönder domen en kall vinterdag.

Med ett högt provtryckningstryck kommer vi ut i ett gränsområde, där det inte föreligger tillräcklig praktisk erfarenhet för att man tryggt skall kunna genomföra provtryckningen utan risk för katastrofala konsekvenser för själva domen. Besiktningsmännen bör därför inte uppehålla sig i pannan eller domens omedelbara närhet när trycket är uppe på nu aktuella nivåer.

Provtryckning bör ske med varmt provtryckningsvatten (optimal temperatur sannolikt ca 65°C, man får balansera mellan risken för skällning och risken för sprödbrott) för att ytterligare pressa ned risken för sprödbrott, vare sig domen trycks med drifttrycket eller med provtryckningstryck i enlighet med PED:s formulering. Vid drifttemperatur kan man utgå ifrån att materialet uppvisar segt brottbeteende, så där ser vi ingen risk för vare sig domen eller personal som uppehåller sig i pannhuset.

Skulle man provtrycka med förhöjt provtryckningstryck och på ett sådant sätt att det initieras ett sprödbrott i en dom, så kan man utgå ifrån att den domen blir totalt spolierad, eventuellt kan tillkomma risker för omgivningen och för personal som övervakar provtryckningen. Ett högt provtryckningstryck kan därför vara kontraproduktivt, eftersom risken för söndersprängning vid provtryckningen inte längre kan negligeras.

4.3.6 Risk för åldring

Hänvisas till inprovningen. Eventuella åldringsegenskaper styrs närmast av niobtillsatsen, dvs finkornbehandlingen.

4.3.7 Risk för överåldring

Samma som för åldring

4.3.8 Förlängning och plastisk kollaps

Förlängningen är min 16%, vilket är inom Tryckkärlsrådets gamla kravspecifikation.

4.3.9 Krav på vattenkemi

Vi anser det tillrådligt att tillämpa en buffrad vattenkemi, t.ex. s.k. balanserad fosfatkemi. Uppkomsten av ett icke flyktigt fritt alkali (alkaliöverskott) i pannvattnet bör med bestämdhet undvikas.



4.4 Sammanfattning beträffande 15NiCuMoNb5

En genomgång av materialegenskaperna och materialriskerna för 15NiCuMoNb5 visar att vi i första hand har att hantera kommande problem med spänningsinducerad korrosion.

Materialet har så avancerade egenskaper att det kan bli problem med pressade tubinfästningar, men samtidigt upplever vi att enbart pressade tubinfästningar inte överhuvudtaget längre skulle övervägas för ett sådant här material. Kombinationen pressning och tätsvetsning är acceptabel, men kräver viss uppmärksamhet.

Sammantaget finns det ingen anledning att överge materialet 15NiCuMoNb5 trots den kritik vi har riktat emot det, det är också standardiserat i harmoniserad EN-standard, vilket innebär att det inte föreligger något annat alternativ. Vi är dock av den uppfattningen att det i praktiken krävs särskild uppmärksamhet när det används, till vilket hör:

- Kontroll av vattenkemin, så att man undviker överskott av alkali, vattnet måste vara buffrat.
- Kontroll av vattnet vid uppeldning, så att man på något sätt har oskadliggjort syret innan man tar upp temperaturen.
- Samvetsgrann slipning och avlägsnande av potentiella spänningskoncentrationer, helst redan vid nyttillverkningen.
- Noggrann kontroll av svetsar och andra utsatta ställen vid underhållsstoppen för att fånga upp all begynnande sprickbildning innan den hinner ställa till med alltför stora skador.
- Undvika böjspänningar i plåtmaterial vid design av t.ex. kupade gavlar.
- Undvika täta hålrader i domen, tuberna bör ges ordentliga avstånd.