



DokumentID
1297460

Ärende

Handläggare
Håkan Rydén
Er referens
Jan Linder 2011-1137

Sida
1(8)
Datum
2011-10-07
Ert datum
2011-09-16

SKB:s kommentarer till SSM:s protokoll 2011-09-15

Vi har nu efter att gått genom protokollet vissa synpunkter men också kompletteringar till den redovisning som lämnades vid mötet. När det gäller de planer/åtaganden som SKB redovisar nedan gäller generellt att de kommer att redovisas i kommande PSAR. Då flera frågor anknyter till FUD processen kommer i tillämpliga fall redovisning att ske vid FUD 2013.

Vi har valt att dela in protokollet i delar med SSM:s ursprungstext som utgångspunkt och därefter redovisas SKB:s kommentarer/alt förslag till ändring av texten (kursiv). SSM:s ursprungliga text i kursiv stil är nedan angiven i kursiv fetstil.

Inverkan av FSW styrparametrar på foglinjeböjningens utbredning.

SKB kunde i dagsläget inte presentera något samband mellan skulderdjup och foglinjeböjning.

SKB:s kommentar:

SKB instämmer i att någon dokumenterad samlad undersökning av foglinjeböjningens storlek och verktygets inträngningsdjup inte har presenterats. Vi vill dock påpeka i den till SSM skickade ansökansdokumentationen ingår TR-10-14 och i denna rapport (sida 91 sista stycket) beskrivs hur maxvärdet på foglineböjningen vid den sk demonstrationsserien (då en tapplängd på 53 mm användes) var 5.4 mm. Maxvärdet på foglinjeböjningen var 1.5 mm i efterföljande serie som använde en (optimerad) tapplängd på 50 mm. SKB avser att ytterligare studera foglinjeböjning i svetsprocessen vari ingår att ta fram det samband som SSM efterfrågar.

SKB presenterade även pågående undersökning av krypegenskaper från det friktionssvetsade området. En reduktion av krypegenskaperna kunde noteras i vissa positioner vid 175°C men inte vid 75°C. SSM påpekade vikten av att både temperatur och tid måste beaktas för en fullständig bedömning av krypegenskaperna.

SKB:s kommentar

Krypprovningar av svetsar vid mellanliggande temperatur 125°C pågår. Den valda temperaturen ger betryggande marginal till den högsta beräknade temperaturen för kopparhöljet $\approx 100^\circ$ C. Tidsaspekter på krypning har studerats genom krypprov med olika tider för pålastning (från 1 h till 6 mån.). Resultaten kommer att publiceras under hösten, och kommer att beaktas i fortsatta analyser av kryp i kapseln.

Svensk Kärnbränslehantering AB

Box 250, 101 24 Stockholm
Besöksadress Blekholmstorget 30
Telefon 08-459 84 00 Fax 08-579 386 10
www.skbn.se
556175-2014 Säte Stockholm

SKB har påbörjat ett arbete med att studera oxidiska inneslutningar i det friktionssvetsade området. SKB hantering av oxidiska inneslutningar görs vid uppdatering av PSAR.

SKB:s förslag till reviderad text

SKB har påbörjat ett arbete med att studera oxidiska inneslutningars uppkomst vid friktionssvetsning i koppar samt hur de kan förebyggas. Även sådana inneslutningars inverkan på svetsens krypegenskaper studeras.

Tillverkning av koppargöt samt förekomst av föroreningsselement och legeringselement

SKB har inte undersökt om segring under gjutprocessen påverkar fördelningen av legeringselement, däremot har en undersökning initierats hos Luvata i Finland för att klargöra detta. Undersökningen väntas färdigställas under hösten 2011.

SKB har ingen ytterligare kommentar.

Föroreningsselement i koppar, Se, Te, Pb, Bi vilka kan reducera duktilitet finns inte med i konstruktionsförutsättningarna, SSM frågade vad orsaken till detta var.

SKB:s kommentar:

Förutsättningen för Design Premises TR-09-22 är den kopparkvalitet som SKB etablerat sedan många år. I rapporten saknas dock hänvisningskommentar och referens till de standarder EN 1976 grades Cu-OFE or Cu-OF1 alternativt ASTM C10100 som reglerar de aktuella halterna föroreningsämnen. Detta kommer att korrigeras vid nästa utgåva av Design Premises.

I övrigt instämmer SKB med SSM:s kommentar till föroreningsämnena att Se, Te, Pb och Bi kan ge försprödningseffekter. Till detta vill SKB påpeka att det är väl känt vid temperaturer över 250 °C. Detta yttrar sig i att areakontraktionen minskar till värden under 30%. Inverkan ökar med sjunkande töjningshastighet. Vid KIMAB har ett stort antal krypprov för grundmaterial och svetsförband genomförts i temperaturintervallet 75 till 175 °C. Samtliga försök har gett areakontraktioner över 80%. Eftersom krypprovning utförs vid mycket låga töjningshastigheter visar detta entydigt att försprödningselement inte förekommer för den av SKB valda materialspecifikationen i det teknisk intressanta temperaturintervallet.

För att väteförsprödning inte ska inträffa anges $[H] < 0.6$ ppm i TR-09-22 men inte i TR-10-46, vilken mekanism avses? SKB återkommer till SSM med klarläggande.

SKB:s kommentar:

SKB:s tilläggskrav avseende vätehalt till standardernas sammansättningsspecifikation har funnits i många år. Detta krav har sina rötter i välkända sambandet att tillgång till väte och syre och tillräckligt hög temperatur leder till ångbildning och kaviteter i materialet. Det finns en omfattande dokumentation från ett stort antal krypprov som visar att material som uppfyller specifikationens krav avseende väte- och syrehalt inte uppvisar några tecken på väteförsprödning vid aktuella temperaturer. För att närmare reda ut frågan har ett omfattande arbete genomförts under de senaste åren för att generera en förhöjd vätehalt i bulkmaterialet för att kunna studera effekten av väte, men med hittills använda metoder har vätehalten inte kunnat höjas nämnvärt annat än i ett tunt ytskikt. Dessa försök innefattar även i att labskala i smältan tillföra väte för att öka halten.

Det är värt att notera att den kända litteraturen inom området där väteförsprödning påvisats har inte utförts på massivt material utan på tunna folier (< 0.1 mm).

Kopparkapslar framtagna genom extrudering enligt nuvarande process genererar en bulkhalt av väte som understiger 0.6 wtppm. Som nämnts ovan har ett stort antal krypprov

för grundmaterial som precis understiger 0.6 wtppm väte genomförts i temperaturintervallet 75 till 175°C där ingen väteförsprödning har kunnat påvisas. Försprödningsmekanismen kräver också syre i materialet, och i avvaktan på att allt material sammanställts har därför kravet på vätehalt behållits i konstruktionsförutsättningarna (TR-09-22). Den eventuella risken för väteförsprödning och det som gjorts för att undvika den, har ansetts tillhöra initialtillståndet och är därför inte beskriven i Processrapporten (TR-10-46).

TR-11-01 "In addition: oxygen content of some tens of ppm can be allowed in the copper. However the material used for trial production has had a requirement < 5 ppm and before a change can be made further testing is needed". Innehåll av syre i svetsgods är 11±12 ppm (TR-11-01). Hur kommer detta att behandlas fortsättningsvis, vilken process begränsar med avseende på syrenehåll. SKB åsikt är att syrenehållet i kopparmaterialet endast påverkar korngränskorrosion men ville gärna återkomma till SSM med klarläggande information.

SKB:s kommentar:

Syrehalten i koppar har sedan lång tid specificerats med kravet på <5 ppm, ursprungligen ett krav för att uppnå tillräcklig kvalitet vid elektronstrålesvetsningen, men det är också material med sådan max-halt som undersökts med avseende på såväl materialegenskaper som korrosion. Eftersom väteförsprödning (se nedan) också kräver en viss syrehalt för att uppstå finns det skäl att hålla syret på en låg nivå. Undersökningar av koppar med upp till något tiotals ppm syre visade sig dock inte ha annorlunda korrosionsbenägenhet. Utveckling av svetsprocessen för att minska mängden oxid i svetsmaterialet pågår, och en tydligare formulering av konstruktionsförutsättningen för svetsmaterialet kommer att inkluderas i de uppdaterade konstruktionsförutsättningarna. SKB ser för närvarande ingen anledning att ändra kravet på grundmaterialet.

Förekomst av oxidiska inneslutningar från gjutning och extrudering? SKB har inget program för att undersöka förekomst av oxidiska inneslutningar i materialet.

SKB:s kommentar:

Vid tillverkning används sprickindikering för att påvisa krympsprickor öppna mot ytan och som bearbetas bort om de påvisas. Om det trots detta kvarstår ytsprickor måste det antas att de oxideras och ger upphov till oxiderade inneslutningar vid de efterföljande varmförningsoperationerna. I ett pågående arbete görs simulering av hur olika oxiderade ytdefekter kommer att lokaliseras i den färdiga extruderade komponenten. Simuleringen kommer att kompletteras med praktiska prov där olika ytdefekter åstadkoms i göten och utbredning /lokalisering av oxidinneslutningen i det extruderade röret studeras med ultraljudprovning och förstörande prov.

Egenskaper vid områden med hög dämpning vid provning med ultraljud.

SKB anser att denna typ av områden inte går att undvika med nuvarande extruderingsteknik. Områdena uppstår enligt SKB beroende på olika friktionsförhållande förekommer i verktyget vid extrudering. Någon entydig förklaring till hur strukturen i materialet förändrats i dessa områden i förhållande till områden med lägre dämpning finns inte. Av denna anledning håller SKB på med en karakterisering av mekaniska egenskaper samt krypegenskaper i dessa områden, dessa undersökningar är inte färdigställda.

SKB:s förslag till reviderad text.

SKB anser att denna typ av områden inte helt går att undvika med nuvarande extruderings teknik. Områdena uppstår enligt SKB beroende på olika friktionsförhållanden som förekommer i verktyget vid extrudering. Någon entydig förklaring till hur strukturen i materialet förändrats i dessa områden i förhållande till områden med lägre dämpning finns inte. Tidigare mekanisk karakterisering med enaxlig dragprovning visar inte någon skillnad i egenskaper jämfört med provstavar med den normala strukturen, men kompletterande kryppprovning för att säkerställa även långtidsegenskaperna pågår.

Variation av materialegenskaper för gjutna insatser

Relation mellan TR-10-14 ↔ TR-09-22 ↔ KTS011: ex ”elongation” >12.6% (only as quality check) ↔ (-) ↔ >7%. SSM menar att det finns behov att klarlägga otydligheter mellan konstruktionsförutsättningar och tekniska specifikationer. SKB återkommer mer klarläggande.

SKB:s kommentar

Vid designanalysen användes data från den demonstrationsserie av tillverkningen av BWR insatser som SKB lät genomföra 2006. De data som använts i analyserna är verkligt uppmätta data vilket är en procedur som följer ASME standarden. Den maximala töjningen som identifierats i Designanalysen är 2,5% , se även avsnittet nedan ”Segjärnets plastiska egenskaper”. De höga förlängningssvärden som det undersökta materialet har utnyttjas alltså bara till en mindre del i analyserna och även tillverkningsspecifikationens krav på 7% bedöms var tillräckligt i detta avseende. Mest styrande i analyserna är brottseghet och kopplingen till skadetålighet och acceptabla defekter. SKB arbetar med att etablera kriterier som säkerställer brottsegheten i tillverkningsspecifikationen.

Nuvarande kunskapsläge är att det sannolikt finns en viss koppling mellan brottseghet och brottförlängning men att sambandet inte är tillräckligt för att säkerställa brottsegheten utgående enbart från förlängningssvärden utan det krävs ytterligare krav som tex kriterier för struktursammansättningen. Arbeta med att utveckla dessa kriterier pågår.

Tillverkningsspecifikationen kommer alltså att uppdateras så att brottseghetskraven säkerställs.

Gjutsimulering var är de sist stelnade områdena?

Materialegenskaper vid olika områden av insatserna

SKB har utfört gjutsimulering men inte publicerat några resultat. SKB har inte karakteriserat materialet baserat på stelning/svalningsförloppet utan utfört karakterisering i topp, mitten och botten på insatserna. SSM framförde att eftersom att materialets seghetsegenskaper används vid bedömning av defekttålighetsanalys och analys av den mekaniska integriteten bör karakterisering av egenskaper göras baserat på stelning/svalningsförhållandena för de olika BWR, PWR insatserna som funktion av vald gjutteknik.

SKB:s kommentar:

För PWR-insatser, som har störst godstjocklek och följaktligen störst variation i stelningstid, pågår arbete med stelning/svalningssimulering och utifrån resultaten från dessa kommer lokaliseringen av provstavuttagen att ses över. Liknade aktiviteter planeras för BWR-insatser.

Teknisk specifikation KTS011, ver.8, vad ligger till grund för val av position för provuttag vid tillverkningskontroll?

Valet av provstavposition har inte utförts mot bakgrund av analys av stelning/svalnings förhållandena. I BWR insatsen användes tidigare en provstavposition mellan kanalrören. Denna position har SKB numera tagit bort. SKB återkommer till SSM med klarläggande information varför denna provposition inte längre finns med vid karakterisering av egenskaperna.

SKB:s kommentar:

Detta sträcker sig tillbaks några år i tiden. Erfarenheten var att provstavar från de inre områdena visade mycket snarlika resultat som de provstavpositioner som behölls. Detta ställningstagande gjordes i samråd med expertis från dåvarande gjuteriföreningen. Som påpekas ovan kommer en översyn av positionerna för provstavsuttagen att ske baserat på simuleringar och vunna erfarenheter.

Designanalys för integrerad insatsbotten, SKBdoc id 1177857 utförd hållfasthetsanalys av stållock

SKB har utfört denna analys men den ingår inte i ansökansmaterialet. SSM framförde att denna analys är viktig för helhetsbedömning av insatserna.

SKB:s kommentar:

Vid en närmare kontroll har det visats sig att den aktuella rapporten ingår som referens i till CanisterProduction Report (R-10-14) och alltså ingår i ansökansdokumentationen. Rapportens titel är "Canister bottom structural integrity" SKBdoc 1207429.

Klarläggande angående SKB:s skjuvkriterium

SKB antar konservativt att en kapsel kan skadas om skjuvningen d överstiger 5 cm vid en jordbävning. Alla skjuvningar antas kanaliseras till befintliga bergsprickor, dvs. ingen ny sprickbildning i berget antas ske i närheten av förvaret. Genom att placera förvaret långt ifrån befintliga förkastningszoner samt att man inspekterar tunnlar och deponeringshål för bergsprickor hävdar SKB att man kan undvika att kapslar kan skadas från en jordbävning. Att man får ett riskbidrag från skjuvning beror på att man inte kan med säkerhet upptäcka alla bergsprickor som kan skära en tunnel eller deponeringshål. (Om så vore fallet skulle riskbidraget vara noll.) Det antas konservativt att dessa ej upptäckta bergsprickor kan ha en skjuvning större än 5 cm vid en jordbävning.

Förut hade man antagit en skjuvning på 10 cm. När man nu i stället antar en skjuvning på 5 cm blir det en ökad sannolikhet att en bergspricka ska kunna innehålla en sådan skjuvning. Dvs. en mindre skjuvning ger att det blir mindre bergspricksradier som kan innehålla denna skjuvning och sådana mindre bergsprickor har en större sannolikhet att förekomma. Därför blir det ett större riskbidrag från antagandet $d > 5$ cm jämfört med $d > 10$ cm. Å andra sidan ger $d = 5$ cm mindre påkänningar på kapseln. Att SKB minskat från $d = 10$ cm till $d = 5$ cm är en avvägning (optimering) mellan kraven på kapseln jämfört med kraven på berget (bergspricksradier och deras förekomst). SSM förklarade sig nöjd med detta förtydligande.

SSM efterlyste även en känslighetsstudie av den deterministiska analysen där sambandet mellan sannolikheten för en skjuvrörelse d och antal kapslar i förvaret som beräknas kunna skadas vid denna skjuvrörelse samt vilken motsvarande defektstorlek som man bör kunna detektera för att inte sådana defekter ska äventyra kapselns integritet. Detta för att SSM ska kunna bedöma effekten av om vissa av SKB:s antaganden ifrågasätts. Att enbart göra en traditionell probabilistisk analys med spridningar kring ett antaget medelvärde ger inte tillräcklig information. SKB funderar vidare.

SKB:s förslag till reviderad text med vissa tillkommande kommentarer

SKB antar konservativt att en kapsel kan skadas om skjuvningen d överstiger 5 cm vid en jordbävning. Alla skjuvningar antas kanaliseras till befintliga bergsprickor, dvs. ingen ny sprickbildning i berget antas ske i närheten av förvaret. Genom att placera förvaret långt ifrån befintliga förkastningszoner samt att man inspekterar tunnlar och deponeringshål för bergsprickor hävdar SKB att man med stor sannolikhet kan undvika att kapslar skadas vid en jordbävning. Att man får ett riskbidrag från skjuvning beror på att man inte med säkerhet kan identifiera alla stora bergsprickor som kan skära en tunnel eller deponeringshål. (Om så vore fallet skulle riskbidraget vara noll.) Det antas konservativt att dessa ej identifierade stora bergsprickor kan ha en skjuvning större än 5 cm vid en jordbävning.

Förut hade man antagit att en skjuvning på 10 cm kan orsaka kapselskada. När man nu i stället antar en skjuvning på 5 cm blir det en ökad sannolikhet att en bergspricka ska kunna innehålla en sådan skjuvning. Dvs. en mindre skjuvning ger att det blir mindre bergspricksradier som kan innehålla denna skjuvning och sådana mindre bergsprickor har en större sannolikhet att förekomma. Därför blir det ett större riskbidrag från antagandet $d > 5$ cm jämfört med $d > 10$ cm. Å andra sidan ger $d = 5$ cm mindre påkänningar på kapseln. Att SKB minskat från $d = 10$ cm till $d = 5$ cm är en avvägning (optimering) mellan kraven på kapseln jämfört med kraven på berget (bergsprickradier och deras förekomst). SSM förklarade sig nöjd med detta förtydligande.

SSM efterlyste även en känslighetsstudie av den deterministiska analysen där sambandet mellan sannolikheten för en skjuvrörelse d och antal kapslar i förvaret som beräknas kunna skadas vid denna skjuvrörelse samt vilken motsvarande defektstorlek som man bör kunna detektera för att inte sådana defekter ska äventyra kapselns integritet. Detta för att SSM ska kunna bedöma effekten av om vissa av SKB:s antaganden ifrågasätts. Att enbart göra en traditionell probabilistisk analys med spridningar kring ett antaget medelvärde ger inte tillräcklig information. SKB har redan genomfört begränsade känslighetsstudier avseende bentonitdensitetens betydelse samt skjuvamplitudens betydelse för acceptabel defektstorlek. Utredning pågår kring att utöka dessa känslighetstudier till att omfatta även skjuvningsvinkel och axiell angreppspunkt. SKB utreder även hur en probabilistisk hantering av insatsens materialegenskaper ska göras och om det är meningsfullt att föra samman både förskjutningsfält och materialegenskaper till en större probabilistisk studie och om det är möjligt att ta fram det samband som SSM efterfrågar.

Skjuvning nära lock och botten av kapseln

SKB har ingen ytterligare kommentar (se dock även föregående kommentar).

Effekt av treaxlighet

SKB har ingen ytterligare kommentar.

Segjärnets plastiska egenskaper och brottseghet

SKB utnyttjar ett brottkriterium med stabil spricktillväxt upp till 2 mm för brottsegheten, dividerat med en säkerhetsfaktor 2, samt ett töjningskriterium med töjningar upp till en brotttöjning på 12,6 % dividerat med en säkerhetsfaktor 2 hos segjärnet. Det innebär att man utnyttjar (eller kan utnyttja) insatsens brottseghet och plastiska egenskaper till höga nivåer som SSM anser att SKB behöver genomföra ytterligare verifieringar för att säkerställa dessa egenskaper. SKB avser att genomföra ytterligare studier för att verifiera detta. Det gäller speciellt brotttöjningen där det förefaller att vara en diskrepans mellan vad man utnyttjar (eller kan utnyttja) i analyserna i jämförelse med faktiska materialdata.

SKB:s kommentar:

I skjuvsimuleringen (TR-10-24) redovisas ett högsta värde på 1.6% töjning vid skjuvamplituden 10 cm. Motsvarande värde vid 5 cm skjuvning är 0.5%. I designanalysen redovisas hur uppmätt brottförlängning och spänningstöjningskurvor kopplas till ett acceptansvillkor m.a.p. brottförlängningen. Designanalysen redovisar även det värsta kombinerade skjuvlastfallet (och samverkande skjuvning och islast) vilket ger en maximal effektivspänning på 340 MPa. Detta motsvarar ett töjningsvärde på 2.55% och vilket är det största töjningsvärde som används av vid analysen av 5 cm skjuvning.

SSM påpekade även att brottseghetsdata finns bara uppmätt upp till 1,6 mm stabil spricktillväxt.

SKB:s kommentar:

SKB instämmer i SSM:s iakttagelse. Den bakomliggande provningsstandarden beskriver hur man tar fram godkända brottseghetsvärden mellan två linjer i JR-kurvan. Den bortre linjen börjar vid $J=0$, $da=1.5$ mm, lutningen motsvarar lutningen i början av JR-kurvan. Denna linje skär sedan kurvan, vilket sker vid $da=1.6$ mm (en mindre variation finns mellan olika prov). Denna JR-kurvan används för att bestämma J för olika värden på antagen stabil tillväxt. J -värden som ligger bortom skärnings punkten ska inte tas med då JR-kurvan definieras.

Val av säkerhetsfaktor för skjuvlastfallet

De av SKB valda säkerhetsfaktorerna ($SF = 2$) för skjuvlastfallet kommer från den amerikanska tryckkärlsnormen ASME Boiler & Pressure Vessel Code. Om enheten avser frekvens (per år) blir alla frekvenser små sett över en period av 100 000 år eftersom sannolikheten divideras med 10^5 . SSM vill dock påpeka att de valda säkerhetsfaktorerna vanligen används i ASME endast för extrema lastfall som inte förväntas inträffa under en komponents drifttid. Dock kan jordbävningar och skjuvlastfall förekomma under förvarets livstid, minst 100 000 år.

SKB hävdar att sannolikheten för att en kapsel ska skadas pga. skjuvning är liten även sett över 100 000 år. SKB ska dock förtydliga resonemanget på denna punkt.

SKB:s kommentar:

För den enskilda kapseln är sannolikheten för någon form av skjuvning ≥ 5 cm någon gång under en miljon år i förvaret i Forsmark pessimistiskt beräknad till cirka 10^{-3} ($\approx 6,9 \cdot 10^{-2} / 6000$) i SR-Site. Termen "extremt lastfall" används inte i SR-Site, men de skadehändelser som analyseras i skjuvlastfallet måste för den enskilda kapseln betraktas som extremt osannolika.

Betydelsen av egenspanningar i insatsen efter gjutningen

SKB har ingen ytterligare kommentar

OFP-testblock med simulerade defekter

SKB har ingen ytterligare kommentar

OFP-Karakterisering av defekter

SKB har ingen ytterligare kommentar

OFP- Multifunktionell POD, fler parametrar bör ingå samt att dessa även bör beaktas vid karakterisering och storleksbestämning.

Det redovisade arbete med POD kopplat till olika parametrar påverkan är endast parameterstudier i en utvecklingsfas enligt SKB. SKB kommer att behandla samtliga påverkande parametrar vid bestämning av POD samt för karakterisering och storleksbestämning av defekter.

SKB:s förslag till reviderad text:

Det redovisade arbete med POD kopplat till olika parametrars påverkan befinner sig i en utvecklingsfas enligt SKB. SKB:s avsikt är att kunna behandla samtliga påverkande parametrar vid bestämning av POD samt för karakterisering och storleksbestämning av defekter

OFP-Kvalificeringsmetodik, Etablera en kvalificeringsprocess för att säkerställa tillförlitligheten hos provningssystemet- Status?

SKB har ingen ytterligare kommentar

Med vänlig hälsning

Svensk Kärnbränslehantering AB
Kärnbränsleprojektet

Olle Olsson
Projektchef

Bilagor

1 OH-serie visad av SKB 2011-09-15