



DokumentID
1399615

Ärende

Strålsäkerhetsmyndigheten
Att: Ansi Gerhardsson
171 16 Stockholm

Handläggare
Jan Eckerlid
Er referens
SSM2011-2426
Kvalitetssäkrad av
Helene Åhsberg
Jan Sarnet
Godkänd av
Martin Sjölund
Kommentar

Sida
1(5)
Datum
2014-02-27
Ert datum
2012-04-10
Kvalitetssäkrad datum
2014-02-28
2014-02-28
Godkänd datum
2014-02-28

Svar till SSM på begäran om förtydligande rörande krypdeformation för kapseln

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har i sin skrivelse till Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, daterad 2012-04-10 begärt förtydligande rörande krypdeformation för kapseln.

Nedanstående svar från SKB är en uppdatering av det svar som gavs i juni 2013. Svaren på fråga 1 och 2 har tillkommit i denna version. Svaret på fråga 3 hänvisar till den nu färdigställda rapporten (se bilaga) som nämndes i tidigare version. Svaret på fråga 4 är oförändrat. SKB anser nu att samtliga frågor i förtydligandet är besvarade.

1. För att kunna granska de beräkningar av kapselns krypdeformation som SKB utfört behöver SSM ett detaljerat sammanhållet underlag som tydligt visar belastningsfall, dimensioner, randvillkor, elementnät, elementtyp, materialmodeller, hänsyn till toleranskedjor och modellering av svetsat område.

SKB:s svar

SKB uppfattar att denna fråga vidareutvecklats i fråga nummer 17 i SSM:s kompletteringsbegäran rörande kapselns mekaniska integritet, SSM2011-2426-58 och hänvisar därför till det svar som ges på den frågan i SKBdoc 1371849, version 2.0.

2. Inre övertryck i kapseln. SKB:s utförda beräkning dokumentID 1333208 visar ett utdrag från utförda beräkningar. För att granska de utförda beräkningarna behöver SSM ytterligare underlag (beräkningsrapport) som tydligt visar belastningsfall, dimensioner, randvillkor, elementnät, elementtyp, materialmodeller och modellering av svetsat område. SSM önskar att SKB redogör för varför JLH defekten inte kommer att påverka aktuell svetsgeometri.

Dessutom önskas förstörade deformations/belastningsplottar på högt belastade områden som i detalj visar beräkningsresultat avseende töjningar och belastningsnivåer. Skillnaden mellan elasto-plastisk modell med och utan spänningsrelaxation behöver klargöras med avseende på hur krypning inkluderas i den senare. Vilken krypmodell har använts? SSM önskar dessutom att SKB förtydligar hur en skarp spricka rundas av för den aktuella geometrin i kapseln och spänningstillstånd. Referensen till avrundning av sprickor [R-09-41] i dokumentID 1333256 för att förklara detta är oklar. SSM bedömer att SKB bör förtydliga att påkänningen från det inre övertrycket försvinner eftersom att det

Svensk Kärnbränslehantering AB

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

yttre övertrycket från bentonitens svällning är en storleksordning högre. I samband med att bentoniten sväller komprimeras koppartuben mot insatsen vilket innebär att volymen inuti kapseln reduceras, detta borde innebära att trycket ökar i kapseln. SSM bedömer även att SKB bör redogöra för antaganden/beräkningar som ligger till grund för att ett perfekt hydrostatiskt belastningstillstånd skapas i kapseln i samband med att bentoniten sväller.

SKB:s svar

SKB har genomfört nya beräkningar som omfattar både laster orsakade av inre processer hos kapseln och yttre laster. Inre laster orsakas av termisk utveckling och gasbildning medan yttre laster utgörs av trycket från svällande buffert och vatten samt glaciationseffekter. Geometrin av FSW-svetsen (Friction Stir Welding) modelleras som en axiell slits samt en rotdefekt med storleken 3 mm i radiell riktning som kan tänkas motsvara en JLH defekt. Beräkningarna är utförda på BWR-insatsen och presenteras i "Analysis of creep in th KBS-3 copper canister due to internal and external loads", se bilaga.

Materialmodellen som används i beräkningarna inkluderar kryp (Andersson-Östling och Sandström 2009). Analysen visar att kryp från interna laster innan de externa lasterna appliceras är försumbara. I svetsroten och rotdefekten uppstår efter 100 000 år med en pålagd glaciationslast lokalt kryptöjningar i nivån 60 %. Töjningarna i dessa områden är orsakade av kompressiva spänningar vilket innebär att krypsprickor ej kan uppstå (SKB 2014, kap 4). Analyserna är utförda med ett isostatiskt tryck på 60 MPa vilket ger god marginal mot det dimensionerande trycket 45 MPa.

3. Skillnad i termisk expansion. En tidpunkt önskas när beräkningsarbetet är klart. Se även ovanstående punkt för redovisning av resultaten i form av en sammanhållen detaljerad beräkningsrapport. Svetsens geometri samt tillhörande JLH bör bedömas. Använda materialmodeller måste vara representativa för det använda kopparmaterialet.

SKB:s svar

SKB har genomfört en integrerad analys där samverkan mellan yttre laster, olika temperaturutveckling, inre gastryck och termisk expansion hos kapselns komponenter beaktas. Kopparkopplingen är modellerat med nominell geometri och svetsarna i lock och botten med en 3 mm rotdefekt, vilket presenteras i "Analysis of creep in the KBS-3 copper canister due to internal and external loads", se bilaga.

4. Försprödning av koppar. I SKB:s svar bekräftas att någon gräns för väteförsprödning med avseende på vätehalt i materialet inte förekommer i [Dies 1967]. Därmed anser SSM att det inte finns någon grund till att en vätehalt < 0.6 ppm i kopparmaterialet innebär att väteförsprödning genom reduktion av kopparoxid inte kan inträffa.

SKB argumenterar i förtydligandet [SKB dokumentID 1333256] att nivån satt i design premises [TR-09-22] att vätehalten < 0.6 ppm i kopparmaterialet för att undvika väteförsprödning istället är baserat på att "inga tecken på väteförsprödning iakttagits" vid materialprovning eller provtillverkning. Den process som SKB refererar till i [Dies 1967 sid 118-122] är reduktion av kopparoxid till vatten. Denna process kräver både närvaro av kopparoxid och vätgas för att reaktion ska ske. Syrehalten i kopparmaterialet

är inte entydigt specificerad i [TR-09-22, kap 3.1.5] utan anges till ”some tens of ppm”. SSM bedömer därför att SKB bör visa att processen i [Dies 1967] inte påverkar kopparmaterialet för de syrehalter som anges i TR-09-22.

För att SSM ska kunna bedöma SKB:s argument att väteförsprödning inte sker då vätehalten i kopparen är <0.6 ppm och syrehalten upp till några tiotals ppm, önskar SSM att SKB redogör för vilka materialprov/ provtillverkningar i reducerande miljö som utförts och som visar detta.

SKB:s svar (svar lämnat i juni 2013)

Det stämmer att den klassiska process för väteförsprödning som refereras i Dies (1967, s 118–122) kräver närvaro av oxider i materialet samt vätgas för att ske. Dessutom krävs hög temperatur. Vätgas vid hög temperatur används för övrigt, av SKB och andra, för att synliggöra oxidinneslutningar i koppar (t.ex. 850°C i 30 min i 10 % vätgas i kvävgas; Savolainen 2012).

Generellt finns det belägg för att de-oxiderade kopparsorter (Joseph 2001, s 4–5) inte uppvisar klassisk väteförsprödning. Kommersiell syrefri koppar såsom UNS 10100, de-oxiderad koppar med fosfor såsom UNS C12000 (Cu min 99.90%, P 50-120 ppm) och UNS C12200 (Cu min 99.9, P 150-400ppm) har gott motstånd mot väteförsprödning (Joseph 2001, s 7).

Den omfattande materialprovning av kapselkoppar som gjorts, se avsnitt 3.5.9, 5.4.9 och 5.5.7 i SKB (2010), samt i sammanställningen av krypprovning (Andersson-Östling och Sandström 2009), har gjorts på material enligt specifikationen $H < 0,6$ ppm och $O < 5$ ppm, och materialegenskaper enligt specifikation har uppnåtts. SKB har inte genomfört materialprovning i annan miljö än luft. SKB ser över konstruktionsförutsättningen för syrehalt i koppar, se vidare lägesrapport till delfråga 3 i SKB:s svar till kompletteringen angående tillverkningsaspekter för ingående delar i kapseln (SKBdoc 1371851).

SKB bedriver för närvarande ett forskningsprogram för att förstå vätes interaktion med koppar. Som en delstudie utförs termodynamisk modellering av systemet Cu-H-O-S-P. Resultat från denna studie ger en djupare förståelse för interaktionen mellan Cu, H, O och P. En rapport kommer att presenteras under sommaren. Det utförs även ab-initio beräkningar på KTH för att studera vätes interaktion på en atomär nivå med t ex defekter. Mer detaljerade lägesrapporter för SKB:s pågående arbete med vätes inverkan på materialegenskaper samt eventuell förekomst av oxider ges i SKB:s svar på kompletteringar om degraderingsprocesser för kapseln (SKBdoc 1398013, delfråga 9) respektive kompletteringen om tillverkningsaspekter för ingående delar av kapseln (SKBdoc 1371851, delfråga 2, 4 och 5).

Med vänlig hälsning

Svensk Kärnbränslehantering AB
Avdelning Kärnbränsle

Helene Åhsberg
Projektledare Tillståndsprovning

Bilaga

Analysis of creep in the KBS-3 copper canister due to internal and external loads. SKBdoc 1399768 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Referenser

Referenser i ansökan

Andersson-Östling H C M, Sandström R, 2009. Survey of creep properties of copper intended for nuclear waste disposal. SKB TR-09-32, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Dies K, 1967. Kupfer und Kupferlegierungen in der Technik. Berlin: Springer.

SKB, 2010. Design, production and initial state of the canister. SKB TR-10-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Övriga dokument

Joseph D R (red), 2001. Copper and copper alloys. Materials Park, OH: ASM International. (ASM speciality handbook)

Savolainen K, 2012. Friction stir welding of copper and microstructure and properties of the welds. Doktorsavh. Aalto University, Finland.

SKB, 2014. Influences of load variations on the plastic deformation in friction stir welds and contour slits in copper shells. SKB TR-13-25, Svensk Kärnbränslehantering AB (under utgivning).

SKBdoc 1371851 ver 1.0. Svar till SSM på begäran om komplettering rörande tillverkningsaspekter för ingående delar i kapseln. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1398013 ver 1.0. Svar till SSM på begäran om komplettering avseende degraderingsprocesser för kapseln. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1371849 ver 2.0. Svar till SSM på begäran om komplettering rörande kapselns mekanisk integritet. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Revisionsförteckning

Version	Datum	Revideringen omfattar	Utförd av	Kvalitetssäkrad	Godkänd
2.0	Se sidhuvud	Svar på fråga 1 och 2 samt bilaga bifogas.	Jan Eckerlid	Se sidhuvud	Se sidhuvud
1.0	2013-06-27	Svar på fråga 3 och 4.	Jan Eckerlid	Saida Engström Olle Olsson	Anders Ström