



Studiebesök på Kapsellaboratoriet 2011-09-15

08.30 Inledning (SSM och SKB)

Inverkan av FSW styrparametrar på foglinjeböjningens utbredning. SKB Lars Cederqvist

Tillverkning av koppargöt samt förekomst av föroreningsselement och legeringselement.
SKB Mikael Jonsson

10.00 Kaffe

Variation av materialegenskaper för gjutna insatser. SKB Rikard Källbom, Sören Claesson

Restspänningar i insatsen efter gjutningen. SKB, Sören Claesson, Mikael Jonsson

Val av säkerhetsfaktorer för plastisk kollaps i insatsen, och segjärnets brottseghet, SKB Mikael Jonsson

Treaxliga spänningstillstånd i inverkan på segjärns duktilitet, SKB Mikael Jonsson

Verifiering av provningssystemets förmåga att detektera, karakterisera och storleksbestämma defekter för kapselns ingående delar. SKB Ulf Ronneteg

12.00 -13.00 Lunch

Klartläggande angående SKB:s skjuvkriterium. SKB Håkan Rydén

Påverkan på kopparhöljet vid skjuvning nära locket. SKB Håkan Rydén

14.30 Kaffe

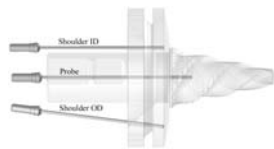
Clink och rundvandring i anläggningen längs ett tänkt processflöde för inkapsling . SKB Tomas Rosengren, Peter Ohlsson

15.50 Avslutning

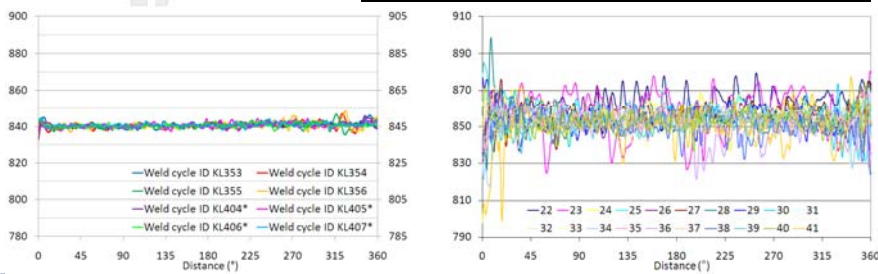


Friction stir welding, status svetsprocedur

- Svetsning i Argongas för mindre oxidbildning
- Ersatt manuell reglering av svetsoperatör med regulator
 - Kaskadreglering av värmetillförsel och tapptemperatur

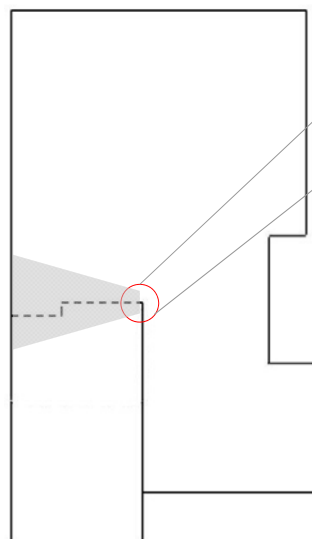


| Name of series | Cycles | $T_{avg} - T_r$ | σ_{avg} | $T_{min} - T_r$ | $T_{max} - T_r$ |
|----------------------|--------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| TWI lid weld | 2 | +32 | 38 | -68 | +85 |
| Manual axial force | 2 | +9 | 11 | -25 | +47 |
| Demonstration series | 20 | +4 | 6 | -52 | +49 |
| Initial controller | 1 | +3 | 4 | -23 | +19 |
| Final controller | 8 | +0.6 | 1 | -7 | +8 |



Friction stir welding

Foglinjeböjning (JLH)



1. För lång verktygstapp alt. för djupt verktyg

Förflyttad vertikal skarv

2. Tappspets i nivå med vertikal skarv

3. För kort verktyg

För närvarande förekommer bara 1 och 2, med maximal JLH på 2 mm. Under demoserie 2004 med för lång tapp var max JLH 5 mm.



Friction stir welding

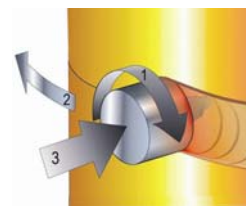
Foglinjeböjning, forts.

FUD-kommentar: SSM anser att SKB bör genomföra en klargörande undersökning av hur FSW:s styrparametrar inklusive verktygets positionering påverkar utsträckningen av JLH i radiell led.

Nuvarande kunskap: Endast verktygets djup samt tappens längd påverkar JLH:s storlek, som med nuvarande tapplängd är max 2 mm.

Planerade studier: Verktygets djup kan eventuellt bli repeterbar under hela svetscykeln och mellan olika svetsar genom att regulator reglerar djupet mha ändringar i den f n konstanta svetskraften.

En kortare tapp kan eventuellt begränsa maxvärdet på JLH (gissningsvis 1-2 mm) samt göra denna lättare att storleksbestämma för OFP.



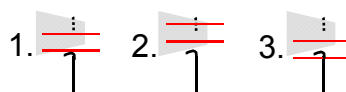
Friction stir welding

Foglinjeböjning, forts.

FUD-kommentar #2: Förutom den uppenbara reduktionen av korrosionsbarriär med ökande radiell utsträckning av JLH bör även olika svetsdefekters inverkan på mekaniska egenskaper inkl kryp för det svetsade området utredas.

Nuvarande kunskap (gjort efter ansökan): Med hänsyn till VTT's krypprov i radiell led där SKB misstänker att provstavarna delvis kan ha innehållit vertikal skarv, JLH och/eller förflyttad vertikal skarv så har KIMAB försökt reproducera dessa prov. Resultaten visar att effekten av förflyttad vertikal skarv (provläge 2) är temp-beroende; ingen skillnad vid 75°C men stor skillnad vid 175°C. Av naturliga skäl har provläge 3 låg hållfasthet.

Planerade studier: Kompletterande prov vid 125°C.



Friction stir welding



SSM-möte 2011-09-15

Tillverkning av koppargöt samt förekomst av
föroreningselement och legeringselement,

Framställningsprocessen för stora koppargöt (rörämnen)

Gjutning av stora syrefria koppargöt , diameter 850 mm, sker med halvkontinuerlig gjutning hos Luvata i Björneborg/Finland.

Utvecklingen startades 1995 efter de inledande försöken så har några modifieringar av gjutprocessen gjorts vilket lett till

- sänkt syrehalt,
- mindre förekomst av centrumsprickor,
- förbättrad ytkvalitet och
- förbättrad kontroll på fosforhalten.

Max gjutvikt 16 ton används för SKBs koppargöt för att täcka behovet av maskinbearbetning efter avslutad gjutning.



Framställning av koppargöt 8

Gjutprocessen



1. Förvärmade kopparkatoder smälts i smältugnen.
2. Smältan hålls via ett reningsverk in i en hållugn.
3. Fosfor tillsätts smältan genom trådmatning.
4. Smältan hålls i en reducerande atmosfär och hålls sedan i en gjutform via ett gjutrör.
5. Under gjutprocessen så hålls gjutparametrar såsom gjuthastighet, mängd kylvatten etc. konstanta, ytkvaliteten på götet följs också on-line.
6. Gjutformen är utformad som en vattenkyld matris med diameter 850 mm, där stelandet börjar. Gjutningen genomförs i en halvkontinuerlig process genom det förberedda och noggranna gjutmaskineriet. En förbättrad kylning av gjutgodset i början av gjutningen har lett till att centrumsprickorna minskat. Götet gjuts nedåt inuti en lutande gjutledare, efter avslutad gjutning lyfts götet bort av en kran.



Ämne för presentationen 9

Kvalitetskontroll koppargöt

Kontroll under gjutning.

- Gjutparametrar och yta

Kontroll efter gjutning

- Kemisk analys , på provkupper från götets topp och rot
- Ytkvalitet, successiv maskinbearbetning och ytinspektion, visuellt och penetrant
- Dimensioner och vikt.

Färdigt göt har diametern ca 830 mm och vikt mellan 13,4 -12,2 ton, vikten kopplar till efterföljande varmformningsmetod



Framställning av koppargöt
10

Framställningsprocessen för små koppargöt (lock och bottnar)

- Små koppargöt, som används för tillverkning av lock och bottnar, tillverkas vanligen från en stor charge på cirka 40 ton.
- Tillverkningen sker med kontinuerlig gjutning, som är en standardprocess hos leverantören.
- Kvaliteten är syrefri koppar, endast fosfor tillsätts genom trådmatning
- Leverantören står för reglering av gjutprocessen på lämpligt sätt, bl.a. är gjuthastigheten kritisk.
- Materialanalyser utförs i början och slutet av gjutningen.
- Det långa koppargötet kapas till delar med en vikt på cirka 1,25 ton.
- Efter gjutningen märks varje göt med ett unikt identitetsnummer till vilket all dokumentation är knutet.
- Analyserna visar att göten uppfyller kraven i den tekniska specifikationen.
- Genom mätning av geometriska mått och visuell kontroll verifieras att ställda krav i de tekniska specifikationerna uppfylls.



Framställning av koppargöt
11

Beskrivning av framställningsprocessen av stora koppargöt forts.

- Variationerna på samma rör beror på att prov tagits i bägge ändar, vid identiska värden anges endast ett värde.

Tabell 4-2. Materialsammansättning (ppm) i stora koppargöt tillverkade under 2008 och små koppargöt tillverkade under 2007. Cu-halten anges i %.

| Göt nr | Krav ent. | 08-40-1-1 | 08-41-1-1 | 08-41-2-1 | 08-41-3-1 | 08-61-1-1 | 08-61-2-1 | 08-62-1-1 | TX207-TX209 | TX210-TX216 |
|--------------|------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-------------|-------------|
| | | Rörr T65 | Rörr T63 | Rörr T67 | Rörr T64 | Rör ej tillverkat | Rörr T66 | Rör ej tillverkat | Lock 2007 | Lock 2007 |
| Används till | Teknisk specifikation* | 2008 | 2008 | 2008 | 2008 | 2008 | 2008 | 2008 | 2007 | 2007 |
| Tillv.-år | | | | | | | | | | |
| Cu | 99,99 | 99,992 | 99,992 | 99,992 | 99,992 | 99,992 | 99,992 | 99,991 | 99,99 | 99,99 |
| P | 30-70 | 60 | 58-59 | 62 | 59-62 | 64 | 62-63 | 67 | 57-70 | 43-60 |
| O | <5 | 1,5-2,0 | 1,9-2,1 | 1,6 | 0,3-0,7 | 1,6-2,3 | 1,5-1,7 | 0,5-1,5 | 1-2 | 1-2 |
| S | <8 | 3,5-3,7 | 4,1-4,2 | 3,8-3,9 | 3,8-3,9 | 4,0-4,1 | 4,0-4,1 | 3,7-3,8 | 6 | 6 |
| H | <0,6 | 0,45-0,50 | 0,39-0,46 | 0,28-0,37 | 0,35-0,45 | 0,44-0,57 | 0,28-0,31 | 0,22-0,37 | <0,6 | <0,6 |
| Ag | <25 | 11,4 | 10,1 | 10,8 | 9,8-10,0 | 10 | 11 | 11,7 | 12 | 12 |
| As | <5 | 0,23-0,24 | 0,29-0,30 | 0,31-0,34 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29-0,31 | <1 | <1 |
| Bi | <1 | 0,08-0,09 | 0,1 | 0,1 | 0,09-0,10 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | <1 | <1 |
| Cd | <1 | <0,003 | <0,003 | <0,003 | <0,003 | <0,003 | <0,003 | <0,003 | <1 | <1 |
| Fe | <10 | 0,2-0,3 | 0,3-0,4 | 1,05-15,03 | 0,2-0,3 | 0,2-0,3 | 0,25-0,36 | 0,4-0,5 | <1 | <1 |
| Mn | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,5 | <0,5 |
| Ni | <10 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | 2 | 2 |
| Pb | <5 | 0,11-0,15 | 0,20-0,21 | 0,17-0,38 | 0,16 | 0,24-0,26 | 0,2 | 0,17-0,18 | 1 | <1 |
| Sb | <4 | 0,05 | 0,05 | 0,05-0,06 | 0,05 | 0,06-0,07 | 0,06 | 0,06-0,7 | <1 | <1 |
| Se | <3 | <0,1 | 0,1 | 0,2-0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | <1 | <1 |
| Sn | <2 | 0,01-0,02 | 0,02-0,03 | 0,02-0,04 | 0,02 | 0,05-0,06 | 0,03 | 0,02-0,03 | 0,5 | <0,5 |
| Te | <2 | 0,05 | 0,06-0,07 | 0,05-0,11 | 0,04 | 0,14 | 0,11-0,12 | 0,06 | <1 | <1 |
| Zn | <1 | <0,0-0,2 | <0,1-0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <1 | <1 |

* KTS 001 ver 8.0



Framställning av koppargöt
12

Defekter och segring i kopparkomponenter (pågående / planerat)

Fosforsegring

- Luvata bedriver för SKB ett uppdrag för att lokalisera eventuella fosforsegringar i ett smitt rör T68, smidningen genomfördes vid lägre temperatur än normalt. Vid ev påvisade fosforsegringar ska undersökas om dessa kan utjämnas med värmebehandling. Klart under hösten 2011.

Simulering av götdefekter

Luvata bedriver en modellering av hur ev. götdefekter distribueras vid extrusion av rör.

- Tänkbara defekter i koppargöt (viktig fråga bl.a. för OFP),
- Modellering av en postulerad centrumspricka under de olika stegen extrusionsprocessen
- Modellering av en ytspricka på samma sätt.
- Modellering av ett 4 mm borrhål, djup 50 mm i centrum varje ände på samma sätt.
- Modellering av ett 4 mm borrhål ,djup 50 mm på insidan av ett "blocker"-ämne på samma sätt.
- Jämförelse mot utförda fullskaleförsök med borrhål, inklusive OFP resultat.



Framställning av koppargöt
13

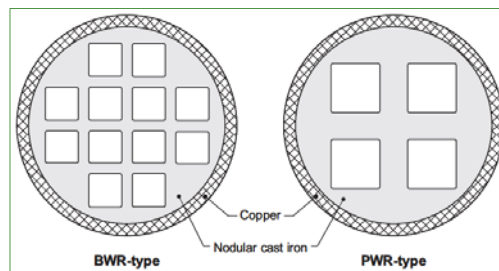


SSM-möte 2011-09-15

Variation av materialegenskaper för gjutna insatser
PWR pågående arbete

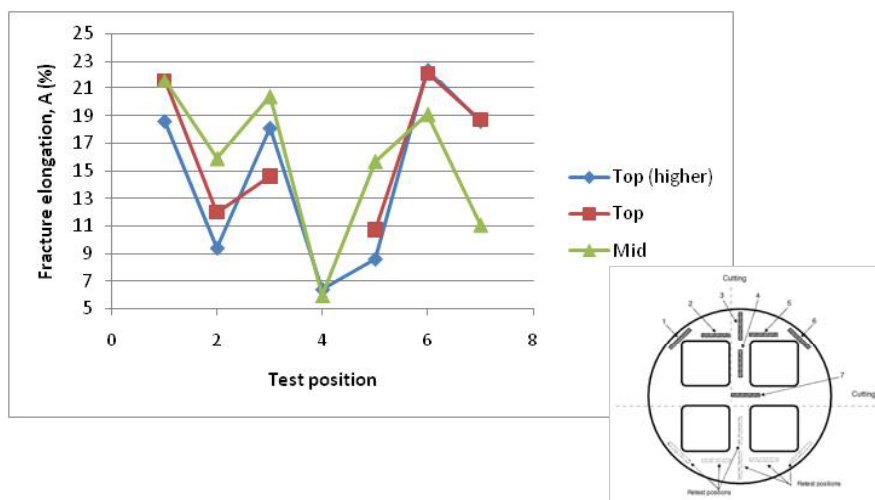
Presentation av pågående arbete för PWR med avseende på:

- Spridning och nivå på hållfasthetsvärden
- Stelnings- och svalningsförhållanden
- Olika gjutmetoder
- Olika gjuterier
- Defektförekomst



PWR pågående arbete 15

Variation radiellt

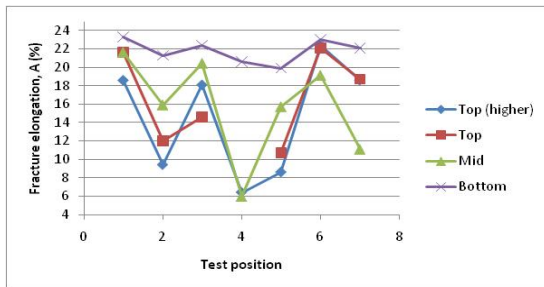


PWR pågående arbete 16

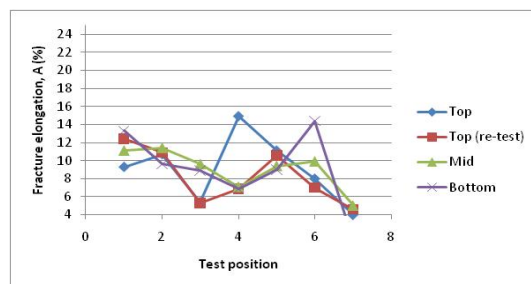
Variation axiellt

Gjuteri: A

A



B



Gjutmetod: Fallgjutning

Stiggjutning



PWR pågående arbete 4

Simulering som hjälpmedel vid optimering av gjutmetod

Mechanical properties – Elongation

* Undersökningsnummer 7793

| Prov | Measured [%]* | Simulated-Minimum EL. [%] |
|------|---------------|---------------------------|
| 1 | 9,0 | 11,6-12,2 |
| 2 | 10,3 | 10,6-11,2 |
| 3 | 12,1 | 10,0-9,3 |
| 4 | 14,4 | 12,2-11,6 |
| 5 | 11,1 | 10,6-11,2 |
| 6 | 12,3 | 11,6-12,2 |

Top

** Undersökningsnummer 8155-1

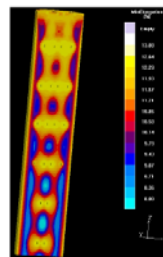
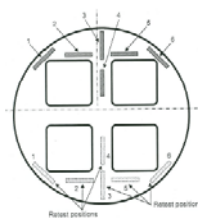
| Prov | Measured [%]** | Simulated-Minimum EL. [%] |
|------|----------------|---------------------------|
| 1 | 11,7 | 11,2-11,9 |
| 2 | 7,4 | 10,6-11,2 |
| 3 | 7,7 | 9,0-9,6 |
| 4 | 6,3 | 10,6-11,9 |
| 5 | 8,1 | 10,6-11,2 |
| 6 | 10,7 | 11,2-11,9 |

Middle

*** Undersökningsnummer 8155-1

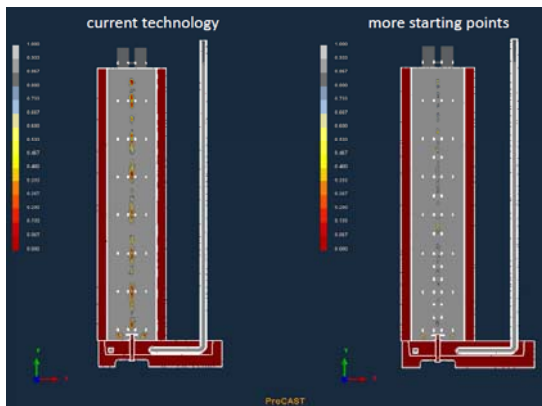
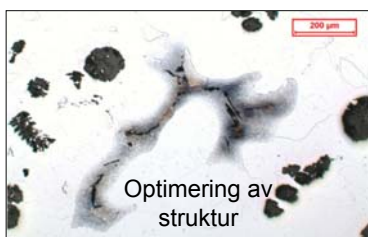
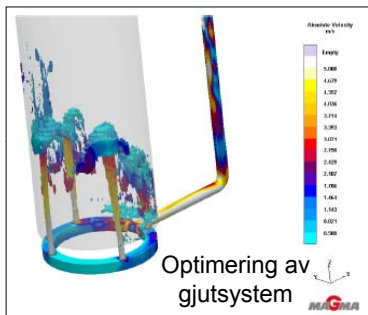
| Prov | Measured [%]*** | Simulated-Minimum EL. [MPa] |
|------|-----------------|-----------------------------|
| 1 | 14,6 | 10,9-11,2 |
| 2 | 11,0 | 10,3-10,6 |
| 3 | 8,1 | 9,0-9,3 |
| 4 | 5,0 | 9,9-11,6 |
| 5 | 11,0 | 10,3-10,6 |
| 6 | 14,4 | 10,9-11,2 |

Bottom



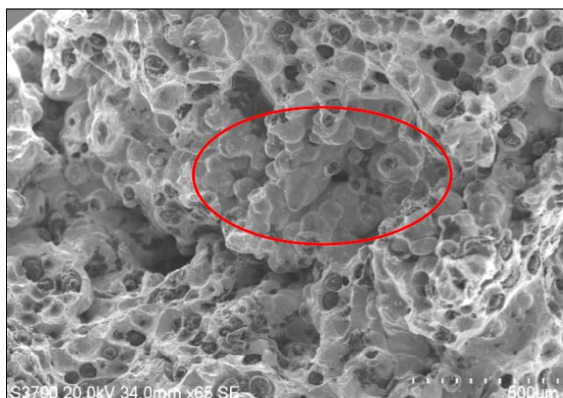
PWR pågående arbete 18

Processoptimering pågår

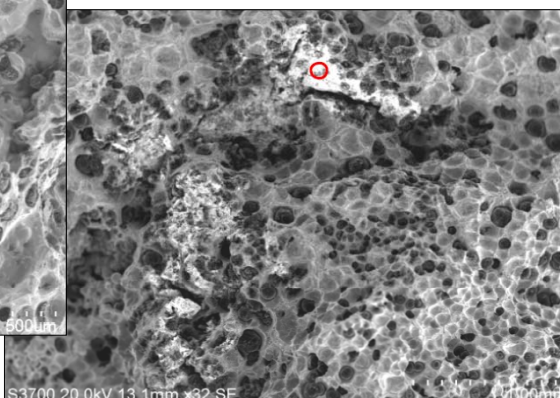


PWR pågående arbete 6

Inverkan och karakterisering av defekter i brottyta dragprovstav



Porositet

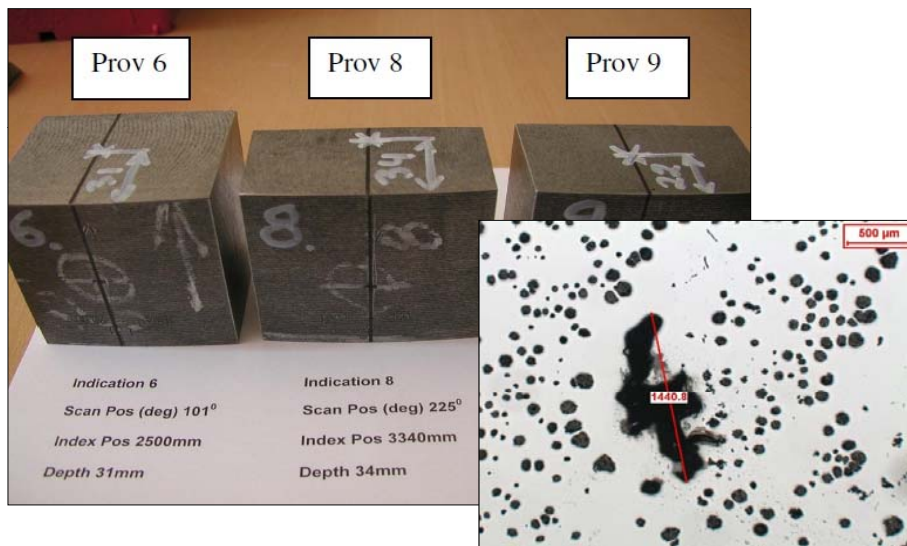


Dross



PWR pågående arbete 7

Inverkan och karakterisering av defekter



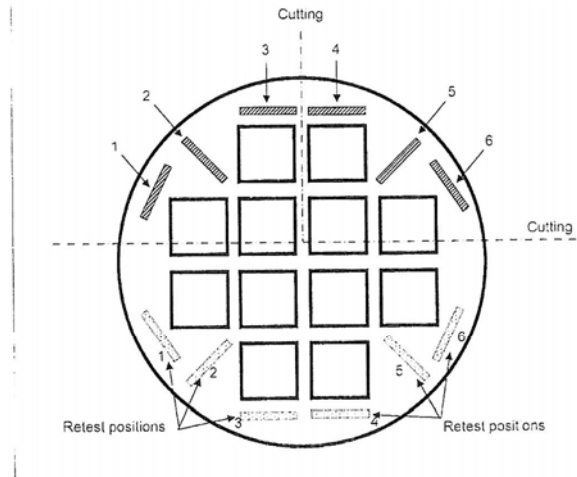
PWR pågående arbete 8



SSM-möte 2011-09-15

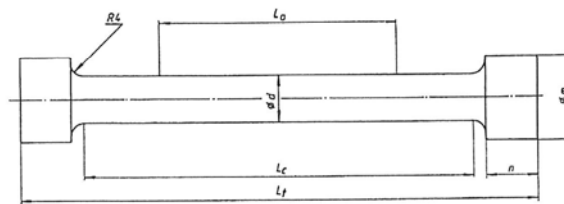
Gjutjärnsinsatser BWR Redovisning av
Materialprovning från demoserie I53 - I57

Provlägen 1-6 i toppskiva, mittskiva och bottenkiva



Materialprovning I53-I57 23

Dragprovstav



Figur 1

d=14mm
 $L_g=70\text{mm}$
 $L_c=100\text{mm}$
 $L_p=138\text{mm}$
 $n=25\text{mm}$
 $n=15\text{mm}$
 $R=4\text{mm}$

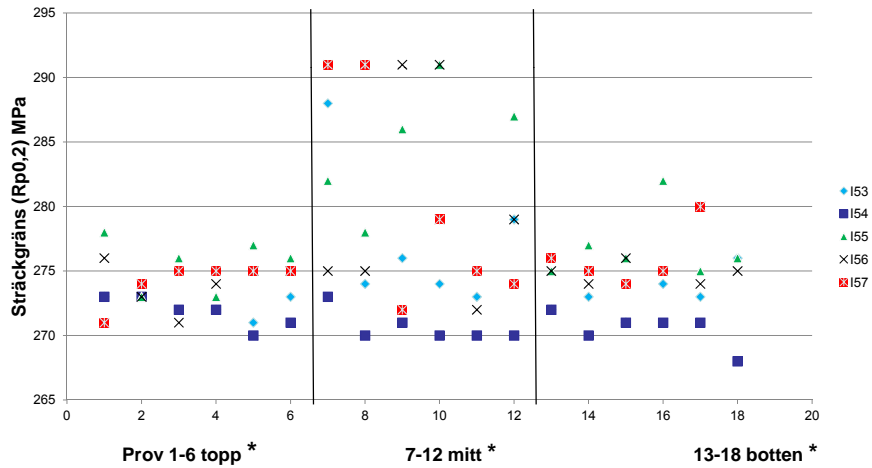
Bild 1. Dragprovstav som använts för dragprovning.



Materialprovning I53-I57 24

Dragprovning hos Swerea Swecast i Jönköping enligt SKB KTS 011 och SS-EN 10002-1

Sträckgräns BWR I53-I57 (min 240 Mpa enl. KTS011)



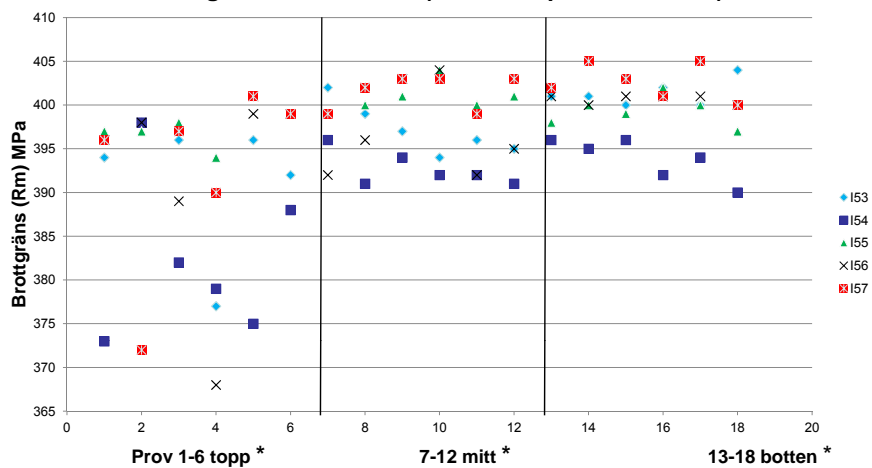
* Motsvarar provläge 1-6 enl bild 23



Materialprovning I53-I57 25

Dragprovning hos Swerea Swecast i Jönköping enligt SKB KTS 011 och SS-EN 10002-1

Brottgräns BWR I53-I57 (min 370 Mpa enl. KTS011)



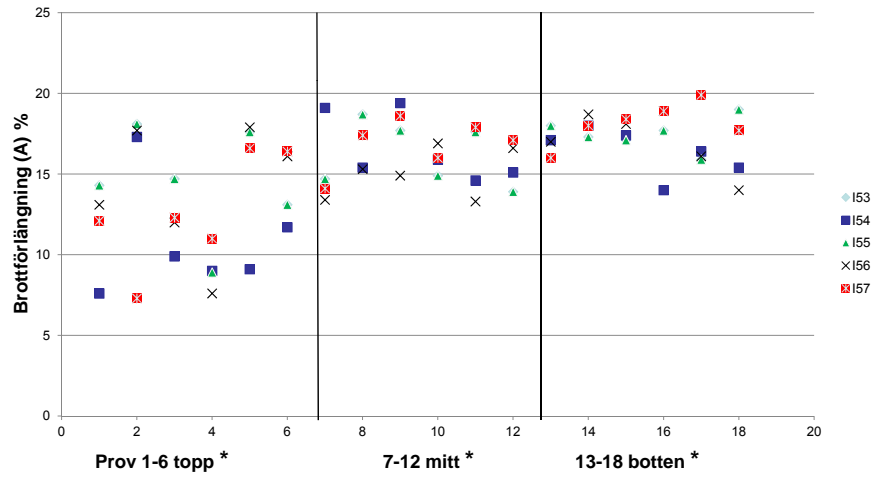
* Motsvarar provläge 1-6 enl bild 23



Materialprovning I53-I57 26

Dragprovning hos Swerea Swecast i Jönköping enligt SKB KTS 011 och SS-EN 10002-1

Brottförlängning BWR I53-I57 (min 7 % enl. KTS011)

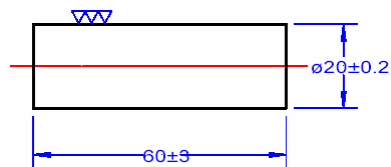


* Motsvarar provläge 1-6 enl bild 23



Materialprovning I53-I57 27

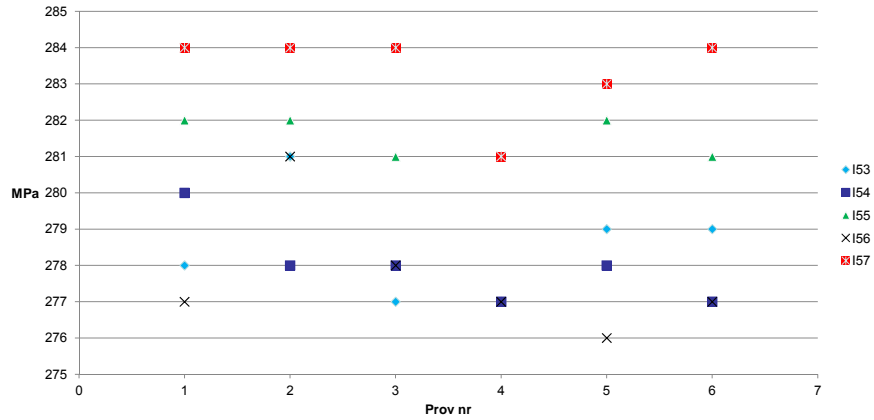
Kompressionsprovstav



Materialprovning I53-I57 28

Kompressionsproving hos JRC i Holland enligt ASTM E9

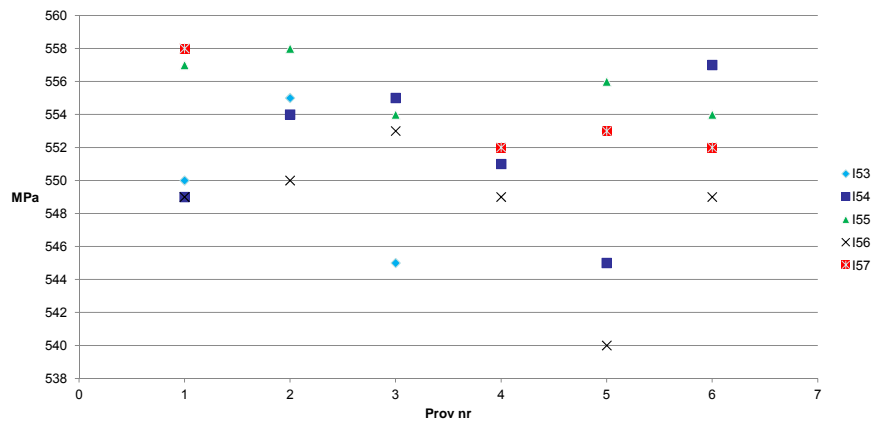
Kompression 0,2% BWR (min 270 Mpa enl. Ref. kapsel)



Materialproving I53-I57 29

Kompressionsproving hos JRC i Holland enligt ASTM E9

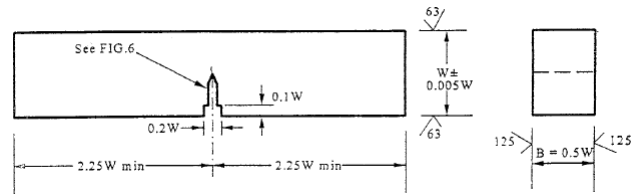
Kompression 10% BWR I53-I57



Materialproving I53-I57 30

Brottseghetsprovstav

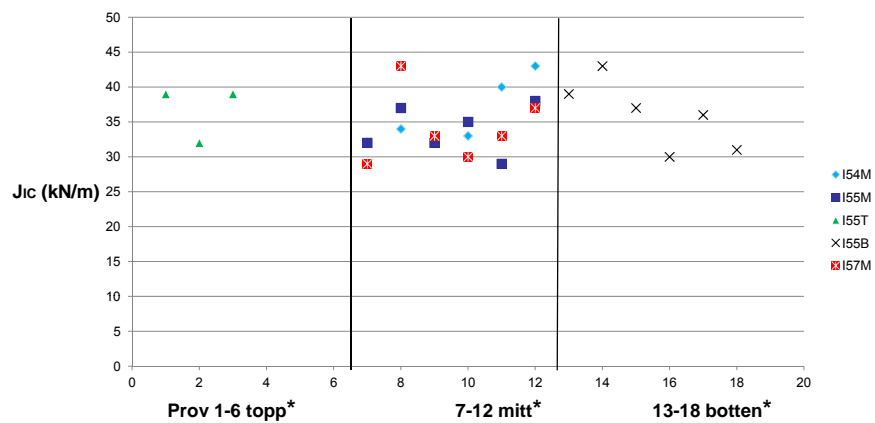
Dimension 140 x 30 x15



Materialprovning I53-I57 31

Brottseghetsprovning hos KTH i Stockholm enligt ASTM E 1820

Brottseghet vid 0°C BWR (J_{ic} min ≈ 33 kN/m enl. Ref.kapsel)



* Motsvarar provläge 1-6 enl bild 23



Materialprovning I53-I57 32



SSM-möte 2011-09-15

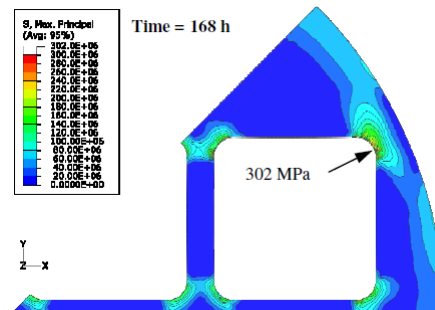
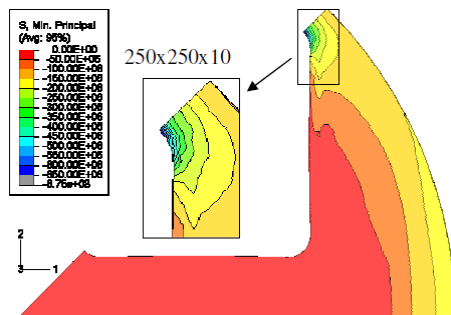
Gjutjärnsinsatser BWR/PWR Redovisning av
Restspänningar

Modellering av spänningar insats BWR

Swerea Swecast Rapport SKB 2008-1

Tryckspänningar på ytan ca
200 MPa

Max dragspänning på insidan
av yttre hörn ca 300 MPa



Restspänningar Insats 34

Restspänningsmätningar i gjutjärnsinsatser med hålborrningsmetoden hos SP i Borås



Figure A1:3 The hole drilling rig cemented to the sample.

- Nedre insatshalva BWR I56, längd 2 m, svarvad ytteryta.
- Insats BWR I54, 75 mm tjock skiva från mittdelen är utsågad och planad.
- Insats PWR IP8, 75 mm tjock skiva från mittdelen är utsågad och planad.
- Provning/utvärdering enligt ASTM E837



Restspänningar Insats 35

Restspänningar på insats BWR – I56 ytteryta

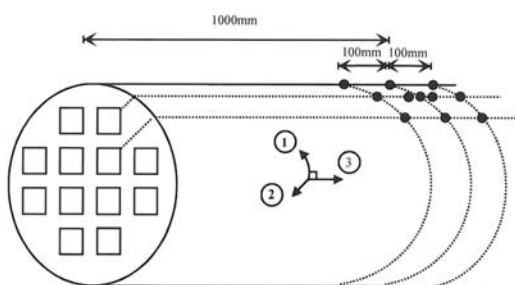


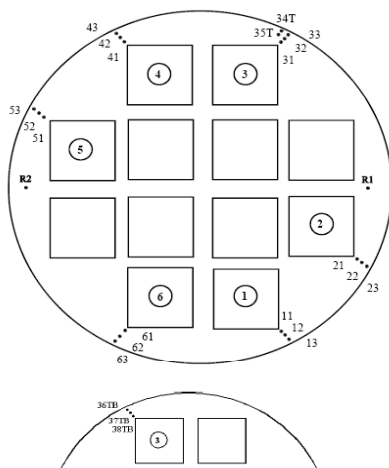
Figure 1 A schematic sketch of the insert tube showing the location of the measuring locations and the orientations of the three strain gages. The gages in the upper line are from left 1, 2 & 3, in the middle line 4, 5a, 5, 5b & 6 and in the lower line 7, 8 & 9.

- Huvudspänningar, mätvärden vid borrhjup 0 till 1 mm
- Samtliga mätvärden är tryckspänningar
- – 22MPa till – ca 200MPa
- Resultat överensstämmer ganska väl mot modellering.
- Hur ser spänningarna ut vid större djup?



Restspänningar Insats 36

Max dragrestspänning i BWR - I54 mittskiva



Huvudspänningar, mätvärden vid borrhjup 0 till 1 mm.

- Max snittvärde i hörn: 89 MPa
- Max enskilt värde i hörn: 211 MPa
- Referensvärde: 78 MPa

Anmärkning.

- På ytan (0 till 0,3 mm) har tryckspänningar uppkommit vid bearbetningen
- Påverkan från sågning?

Huvudspänningar, modellerade värden.

- Max värde i hörn: ca 300 MPa



Restspänningar Insats 37

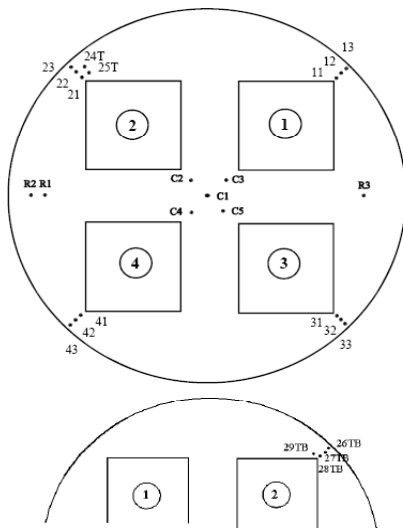
Max dragrestspänning i BWR - I54 mittskiva i respektive mätpunkt

| Point | Max stress | Point | Max stress | Point | Max stress |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| R1 | 101 MPa | R2 | 55 MPa | --- | --- |
| 11 | 49 MPa | 12 | 62 MPa | 13 | 50 MPa |
| 21 | 91 MPa | 22 | 93 MPa | 23 | 93 MPa |
| 31 | 143 MPa | 32 | 211 MPa | 33 | 151 MPa |
| 34T | 131 Mpa | 35T | 148 MPa | --- | --- |
| 36TB | 34 MPa | 37TB | 49MPa | 38TB | 83 MPa |
| 41T | 140 MPa | 42 | 95 MPa | 43 | 70 MPa |
| 51 | 44 MPa | 52 | 39 MPa | 53 | 34 MPa |
| 61 | 74 MPa | 62 | 93 MPa | 63 | 87 MPa |



Restspänning Insats 38

Max dragrestspänning i PWR - IP8 mittskiva



Huvudspänningar, mätvärden vid borrhjup 0 till 1 mm

- Max snittvärde i hörn: 61 MPa
- Max enskilt värde i hörn: 210 MPa
- Referensvärde: (120 MPa)

Anmärkning

- På ytan (0 till 0,3 mm) har tryckspänningar uppkommit vid bearbetningen
- Påverkan från sågning?

Huvudspänningar, modellerade värden

- Max värde i hörn: 160 MPa



Restspänning insats 39

Max dragrestspänning i PWR - IP8 mittskiva i respektive mätpunkt

| Point | Max stress | Point | Max stress | Point | Max stress |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| R1 | 360 MPa | R2 | 117 MPa | R3 | 853 MPa |
| C1 | 331 MPa | C2 | 205 MPa | C3 | 104 MPa |
| C4 | 53 MPa | C5 | 119 MPa | --- | --- |
| 11 | 25 MPa | 12 | 37 MPa | 13 | 210 MPa |
| 21 | 119 MPa | 22 | 80 MPa | 23 | 39 MPa |
| 24T | 24MPa | 25T | 40MPa | --- | --- |
| 26TB | 77MPa | 27TB | 97MPa | 28TB | 99MPa |
| 29TB | 139MPa | --- | --- | --- | --- |
| 31 | 48 MPa | 32 | 8 MPa | 33 | 30 MPa |
| 41 | --- | 42 | 368 MPa | 43 | 62 MPa |



Restspänning Insats 40

Restspänningar i insatsen efter gjutning

Pågående mätningar:

I Bristol genomför företaget VEQTER mätningar av restspänningar i insatsen

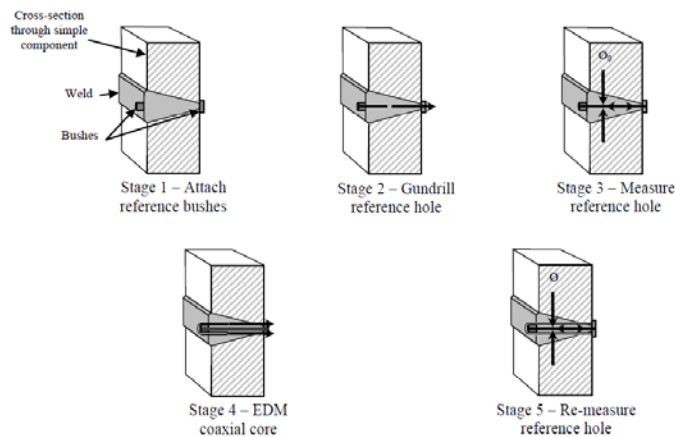
Metoden är så kallad Deep Hole Drilling.

En nyskapande metod, man har kunder över hela världen.

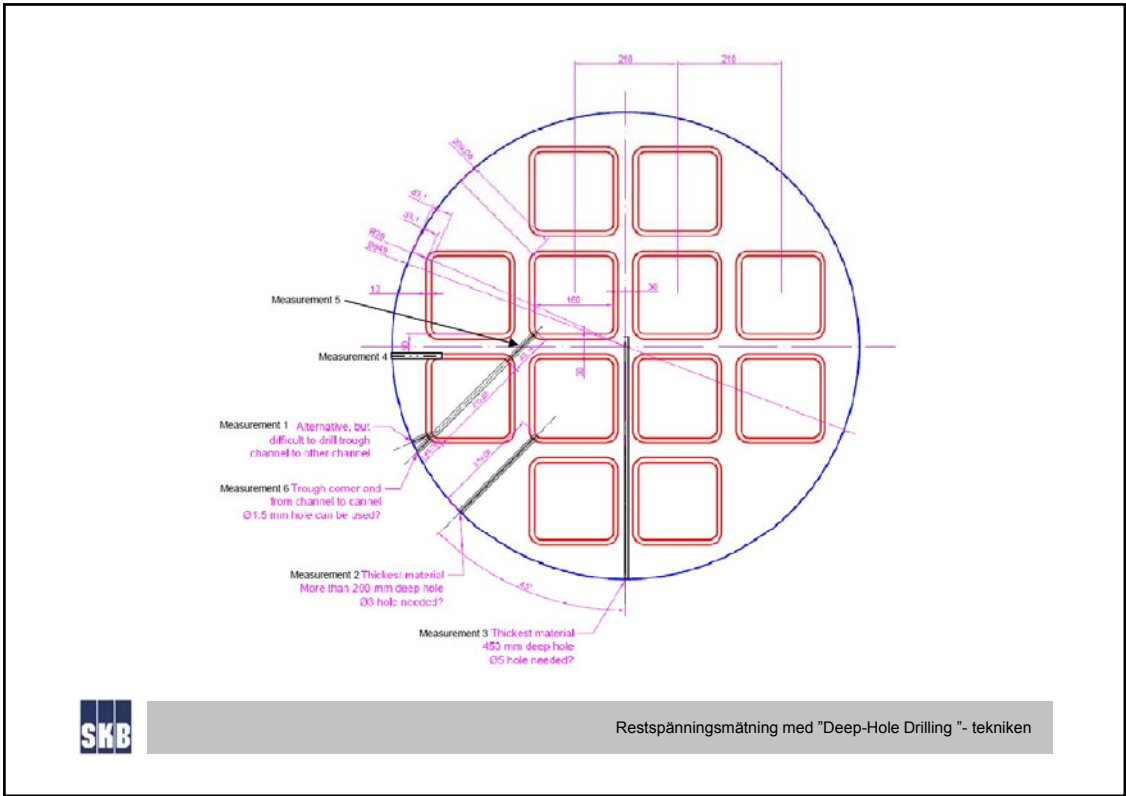


Restspänningar41

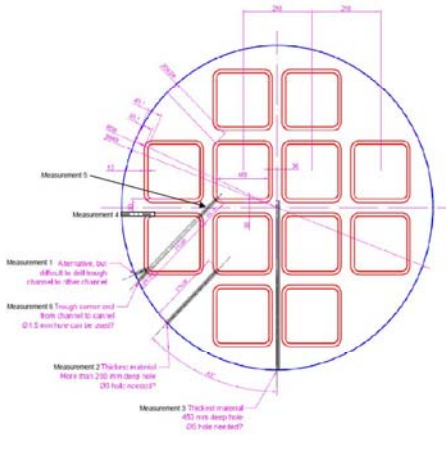

DHD technique



Restspänningsmätning med "Deep-Hole Drilling" - tekniken



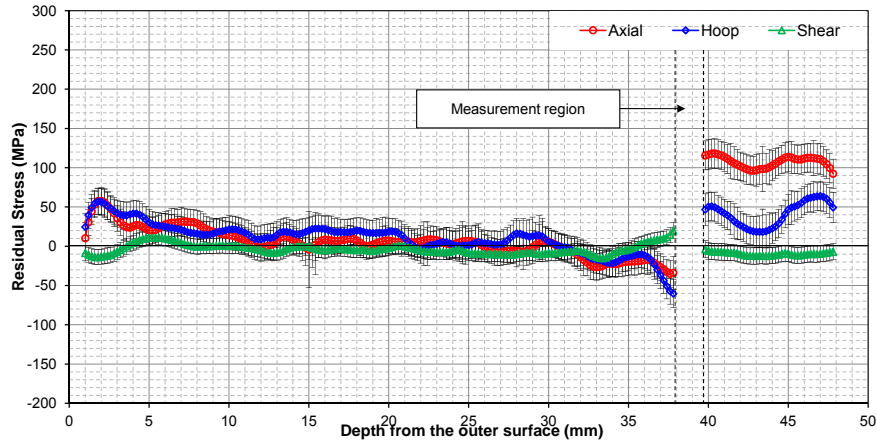
Restspänningar i insatsen efter gjutning

Restspänningar 44

Restspänningar i insatsen efter gjutning

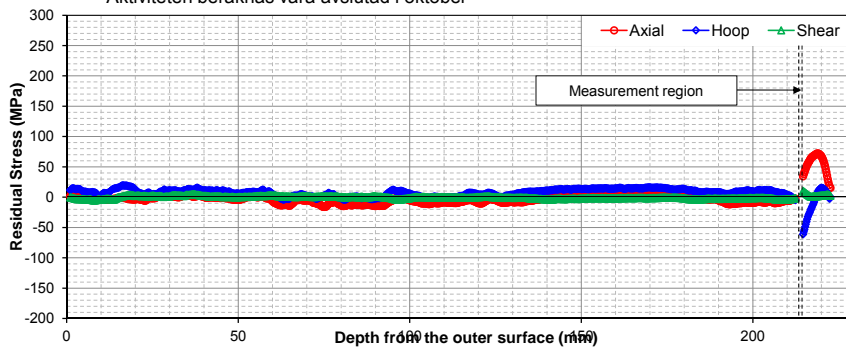
- Preliminära resultat från mätposition 1



Restspänningar 45

Restspänningar i insatsen efter gjutning

- Preliminära resultat från mätposition 2
- Aktiviteten beräknas vara avslutad i oktober



Restspänningar 46



SSM-möte 2011-09-15

Treaxlighet

Treaxlighetens betydelse för duktiliteten

- SKB instämmer i att treaxlighetens betydelse för duktiliteten bör utredas vidare.
- SKB noterar frågeställningen är högaktuell då en hel del forskning för närvarande bedrivs inom området både i Sverige och internationellt.
- En ökande medelspänning, dvs. grad av treaxlighet sänker duktiliteten hos en metall. Dessutom visar experimentella och mikromekaniska numeriska studier att resultat från test på rundprovstavar notchade/onotchade (axisymmetri) kan ge en drastiskt högre duktilitet än resultat från test utförda i plan töjning (generaliserat skjuvtilstånd) vid jämförbar grad av treaxlighet.

SKB:s Kunskaper/planer

- Krypduktilitet hos koppar under treaxliga betingelser har undersökts med notchade runda provstavar vid 75°C. Dessa uppvisar genomgående hög duktilitet. Resultaten stämmer överens med FEM-beräkningar som gjorts.
- Även CT-provstavar i koppar har studerats. De visar anvisningskänslighet vid 175°C och över men inte vid 20°C och 75°C.
- Kompletterande undersökning vid 125 grader planeras.
- SKB avser att undersöka treaxlighet hos segjärn, upplägget för detta ligger i förberedelsefasen.





SSM-möte 2011-09-15

Redovisning av OFP

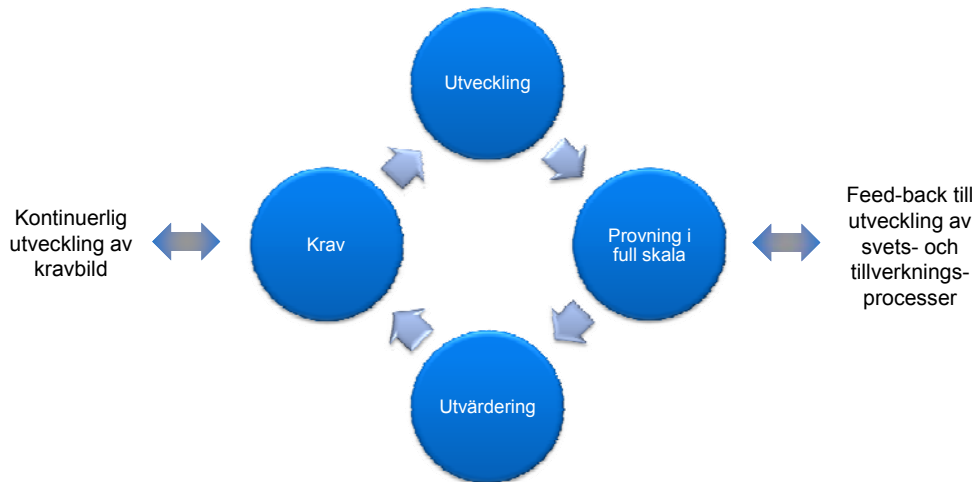
OFP vid Kapsellaboratoriet - Syfte

- Ge återkoppling till utveckling av tillverknings- och svetsprocesser
- Ta fram underlag för projektering av anläggningar
- Utveckla system för OFP för drift i kapselfabrik och inkapslingsanläggning



SSM-möte 2011-09-15

Teknikutveckling OFP



SSM-möte 2011-09-15

Förutsättningar för teknikutveckling OFP – Bas för utveckling t o m Fud-2010

- Begränsade skadetålighetsanalyser (ej skjuvlastfall)
- Fokus på att bygga upp kunskap angående
 - Status tillverkningsprocesser
 - Kunskap om provningsmöjligheter
 - Karakteristik på defekter
- Identifierat behov av provningsresurser (tex utrustning, referensobjekt)



SSM-möte 2011-09-15

Status teknikutveckling OFP Fud-2010

- Tagit fram utrustning för provning av komponenter i full skala
- Tagit fram fullskaliga referensobjekt

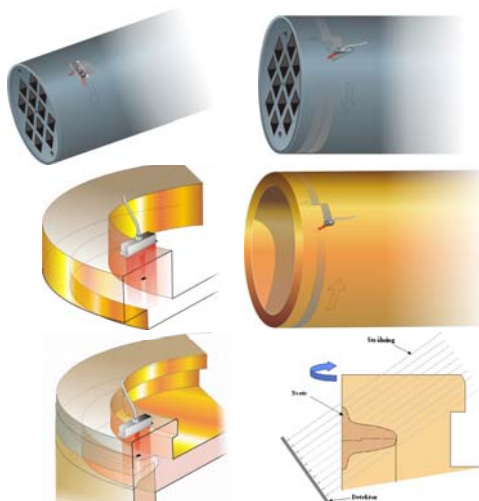


SSM-möte 2011-09-15

Status teknikutveckling OFP Fud-2010

Utvecklat preliminära provningsmetoder

- Insats
 - Ultraljudprovning med phased array och TRL för provning av de yttre delarna
- Kopparkomponenter
 - Ultraljudprovning med phased array
- FSW
 - Ultraljudprovning med phased array och digital röntgen



SSM-möte 2011-09-15

Vad har gjorts sedan Fud-2010

- **Insats**
 - Optimering av ultraljudprovning med phased array teknik
 - Ultraljudmodellering av alternativa tekniker
 - Karakterisering av indikerade defekter
 - Identifierat behov av kompletterande skadetålighetsanalyser
 - Förstudie av kompletterande provningstekniker för att beakta krav med avseende på skjuvlastfall
- **Kopparkomponenter**
 - Optimerat ultraljudprovning med phased array teknik
 - Karakterisering av indikerade defekter
- **FSW**
 - Karakterisering av indikerade defekter



SSM-möte 2011-09-15

Planerade aktiviteter OFP – Insats

- **Utveckling av teknik för**
 - Kompletterande provning av yttre området med avseende på sprickliknande defekter
 - Ytprovning
 - Provning mellan kanalrör
- **Utveckla kompletterande teknik för karakterisering och storleksbestämning**
- **Vidare karakterisering av indikerade defekter**



SSM-möte 2011-09-15

Planerade aktiviteter OFP – Koppar

- Utveckling av teknik för
 - Karakterisering och storleksbestämning
 - Ytprovning
- Utredda möjligheten att utveckla teknik för tillverkning av "verkliga" defekter
- Utredda vilken effekt varierande kornstorlek har på detekteringsförmågan



SSM-möte 2011-09-15

Planerade aktiviteter OFP – FSW

- Optimering av provningsteknik för detektering och storleksbestämning av kaviteter
- Utveckling av teknik för storleksbestämning av foglinjeböjning

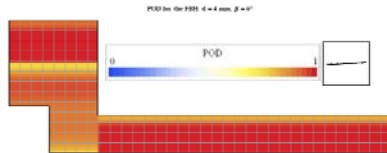


SSM-möte 2011-09-15

Tillförlitlighet vid OFP

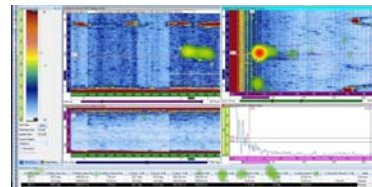
Teknik

- POD-beräkningar används som ett hjälpmedel i teknikutveckling
- Multi-parameter POD
 - Beaktar flera parametrar som position, ljuddämpning, orientering etc.



Human factors

- Används för att få förståelse för "human factors" vid automatiserad provning
- Hjälpmedel vid framtagning av procedurer



SSM-möte 2011-09-15



SSM-möte 2011-09-15

Skjuvlastfallet

SKB:s skjuvkriterium

I konstruktionsförutsättningarna anges att alla kapslar ska klara en skjuvning $d = 5$ cm. Samtidigt anges att majoriteten av kapslarna endast kommer att utsättas för en försumbar skjuvning eftersom de allra flesta deponeringshål inte kommer att innehålla bergsprickor där skjuvrörelser kanaliseras vid en jordbävning. A) Ska man tolka det så att man får en viss andel skadade kapslar beror på att det finns en viss sannolikhet att berget rör på sig mer än 5 cm i en spricka som kan skära vissa kapslar och det finns en viss sannolikhet att man inte upptäcker denna spricka? B) SKB behöver tydligare ange sambandet mellan sannolikheten för en skjuvrörelse d (varierande mellan t.ex. 1 och 10 cm) 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.

- A) Tolkningen är riktig. Antalet skadade kapslar baseras på en beräkning av sannolikheten att få skjuvrörelser > 5 cm i sprickor som inte upptäckts och undvikits vid deponeringen.
- B) Tveksamt om ett sådant fullständigt samband är möjligt att etablera. Ett antal fördelningar av betydelse kan ingå i en probabilistisk analys för insatsen, bentonitdensitet, skjuvningsvinkel, angreppspunkt, defektfördelning, materialseghet..... Förstudie pågår



Ämne för presentationen 61

Skjuvlastfallet

- SSM har en farhåga att kapseln inte uppfyller konstruktionsförutsättningarna för alla skjuvningar för skjuvlastfallet. Om en skjuvning sker vinkelrätt mot kapselns längdaxel, i ett horisontellt plan nära locket och botten av kopparcylindern där inte insatsen förväntas hålla emot på samma sätt som för skjuvning i övriga områden, kan man befara att kapseln inte tål en skjuvning på 5 cm. Vilka ytterligare verifieringar planerar SKB att göra i denna fråga?

Det är SKB:s bedömning att de redan beräknade fallen täcker in "de värsta fallen" på ett rimligt sätt.

Angreppspunkt, vinkel, amplitud

Handlingsplan

En hel del nya analyser planeras även för kopparhöljet där bl.a SSM:s frågeställning kommer att belysas. (olika angreppspunkter och vinklar) den exakta omfattningen är under utredning.



Konstruktionsförutsättningar
för skjuvlastfallet 62

Säkerhetsfaktorer vid verifierande analyser av insatsen vid skjuvning

SSM har farhågor gällande både segheten (SKB utnyttjar stabil spricktillväxt upp till 2 mm för brottsegheten, dividerat med en säkerhetsfaktor 2) och de plastiska egenskaperna (SKB utnyttjar töjningar upp till en brotttöjning på 12,6 % dividerat med en säkerhetsfaktor 2) hos segjärnet, som SKB utnyttjar både för den plastiska analysen och skadetålighetsanalysen för skjuvlastfallet samt val av säkerhetsfaktor för detta lastfall. Skadetålighetsanalyserna är synnerligen viktiga för kravbildningen av defektstorlekar som OFP-systemet måste klara att detektera.

Den av SKB valda säkerhetsfaktorn för skjuvlastfallet, som kommer från den amerikanska tryckkärlsnormen ASME Boiler & Pressure Vessel Code, används vanligen endast för extrema lastfall som inte förväntas inträffa under en komponents drifttid. Det skulle vara önskvärt att SKB förklarade närmare hur man har tänkt här och vilka ytterligare verifieringar man planerar att göra.

Den valda säkerhetsfaktorn för skjuvlastfallet motiveras i TR-10-28

- *“The justification for classification of the shear load case as a low probability case is based on /SKB 2009/ where it is calculated that 4 canisters may be subjected to shearing of magnitude of 5 cm or more. This gives a probability of <1/1,000”.*
- I SR-Site beräknas att sannolikheten för att en given kapsel ska utsättas för en skjuvrörelse överskridande 5 cm någon gång under en miljon år i förvaret i Forsmark pessimistiskt beräknas till cirka 10^{-5} . Termen ”extremt lastfall” används inte i SR-Site, men de skadehändelser som analyseras i skjuvlastfallet måste för den enskilda kapseln betraktas som extremt osannolika.



Farhåga för seghet och
plastiska egenskaper 63

Säkerhetsfaktorer vid verifierande analyser av insatsen vid skjuvning forts

Det bör noteras att den maximala töjningen i skjuvlastfallet är 1% (TR-10-28)

- BWR processen segheten är numera tillfredsställande och att stabil spricktillväxt. Se TR-10-28 sid 20.



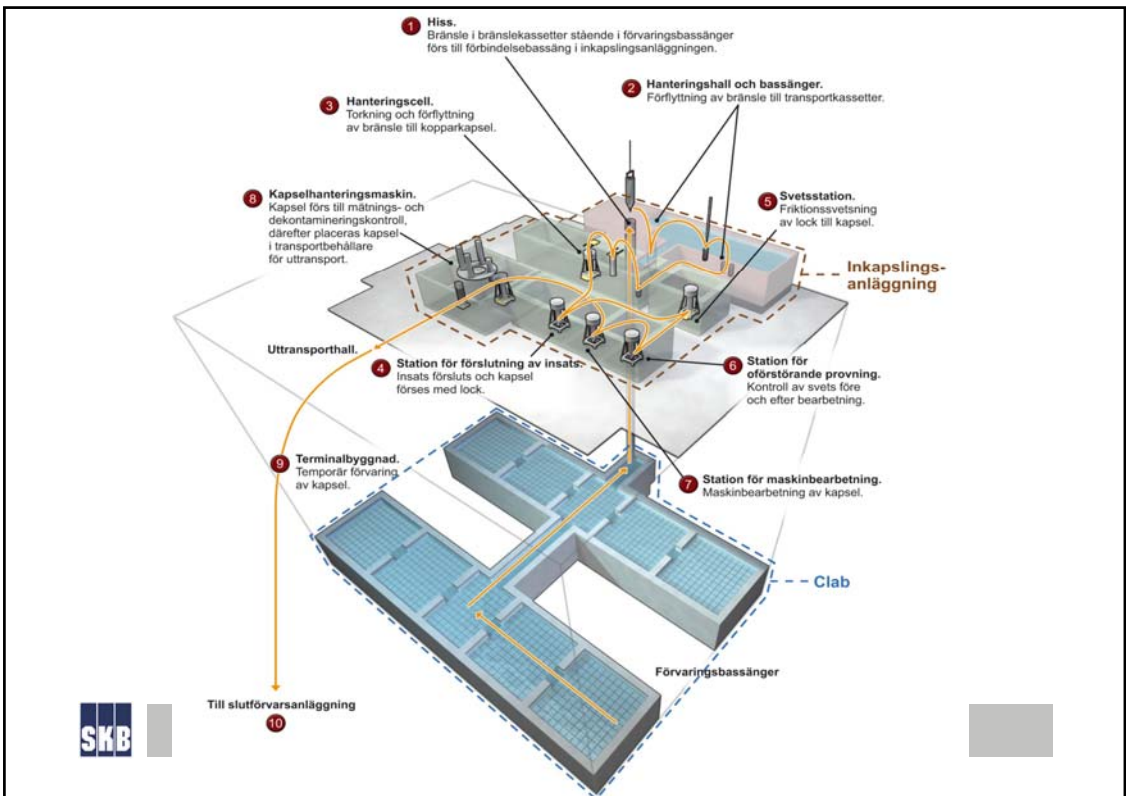
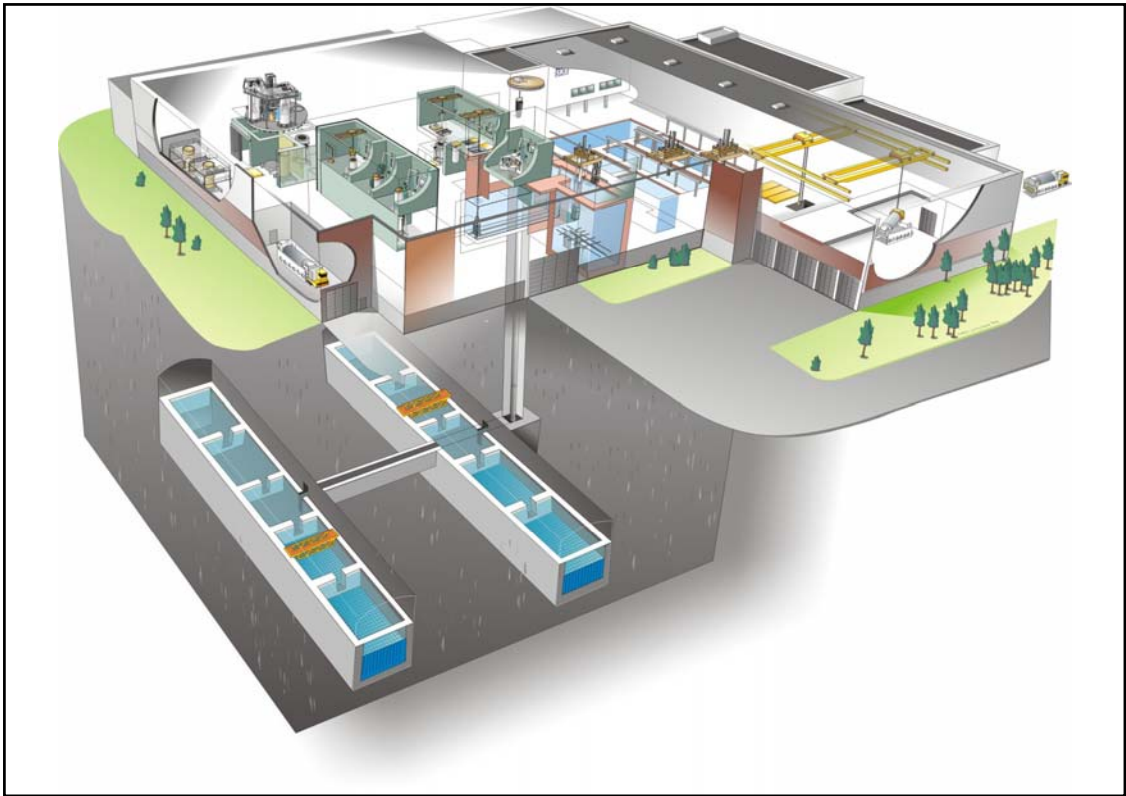
Ämne för presentationen 64

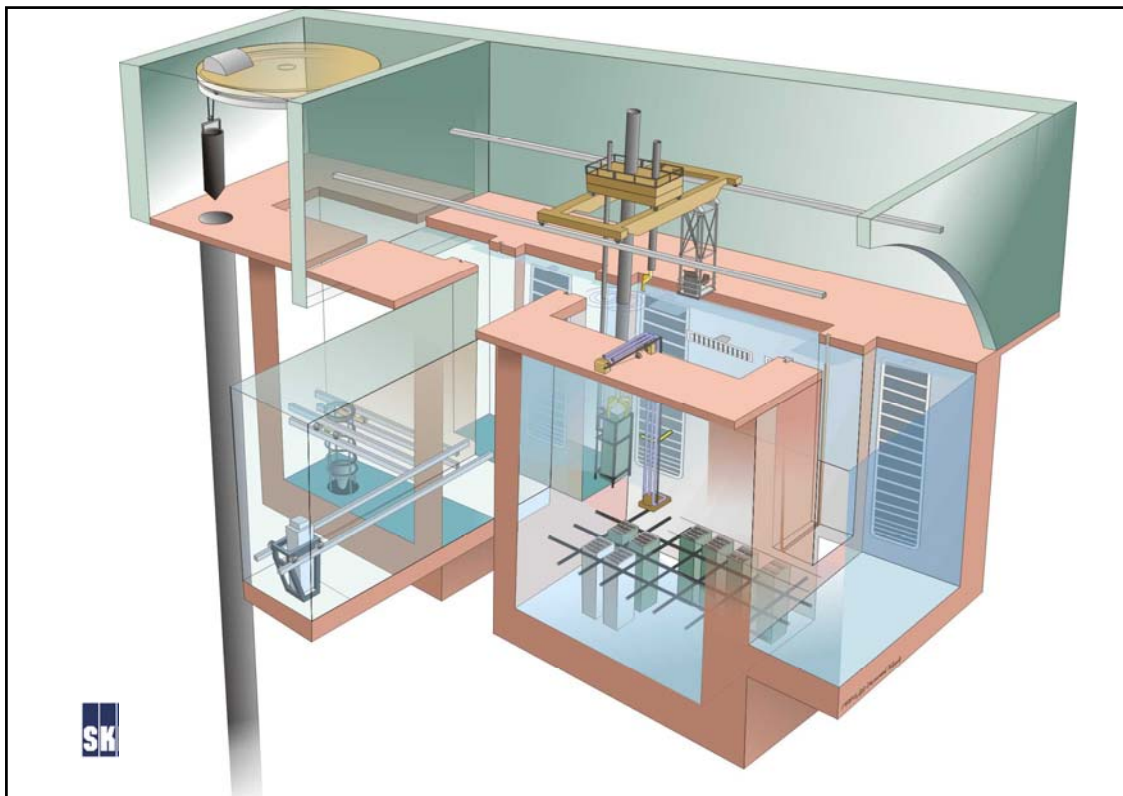
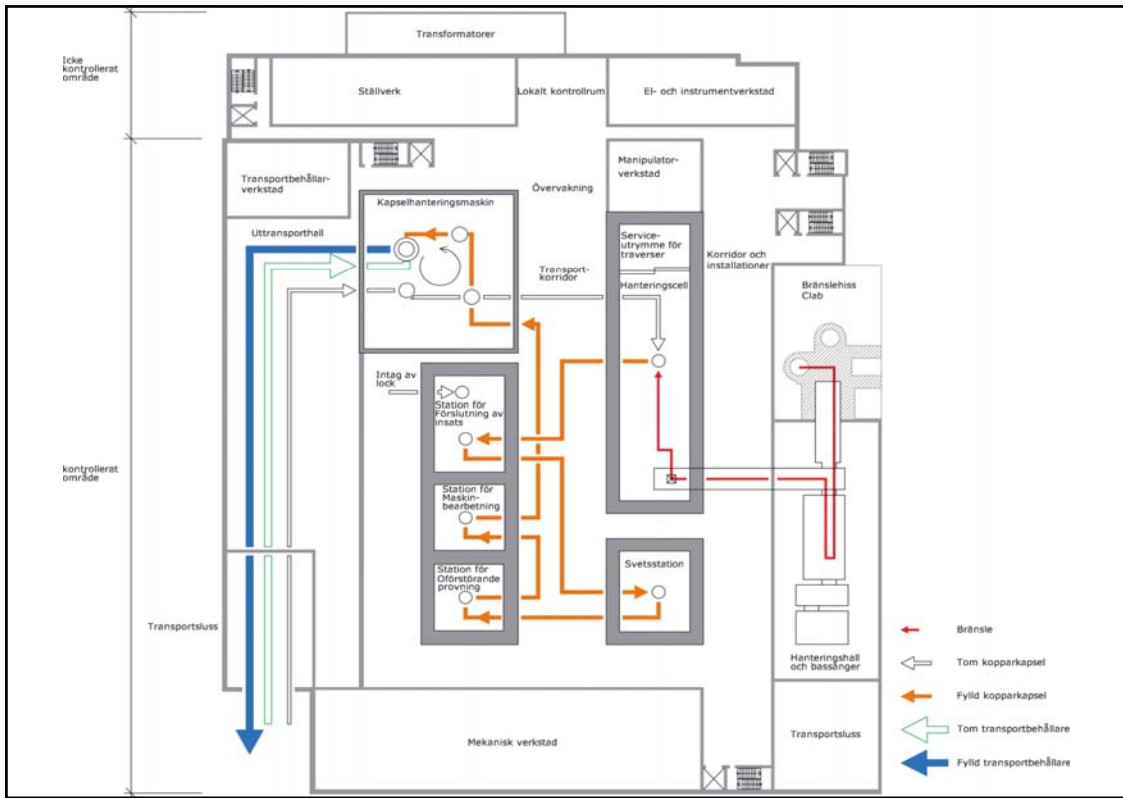


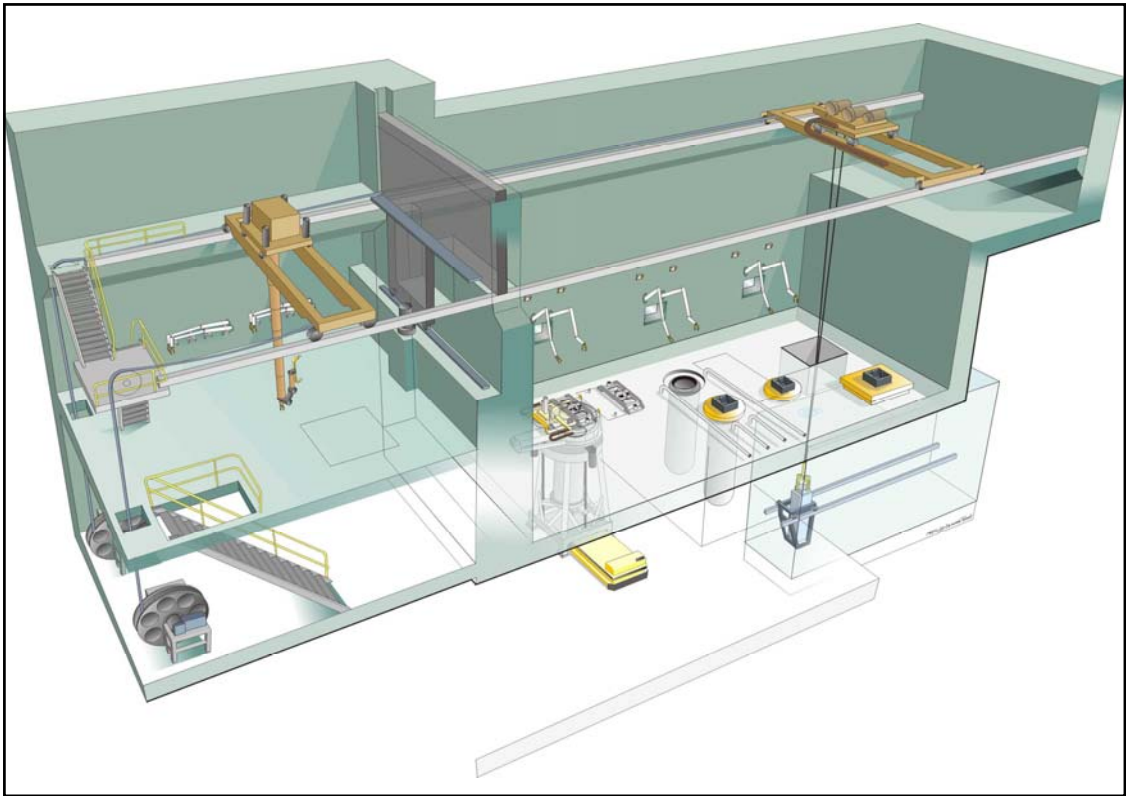
Clink

Ämne för presentationen 65









Kapsel­fabrik



- Finbearbetning
- Montering
- Kvalitetskontroll
- Driftstart i samband med leverans av kapslar till driftsättning/provdrift



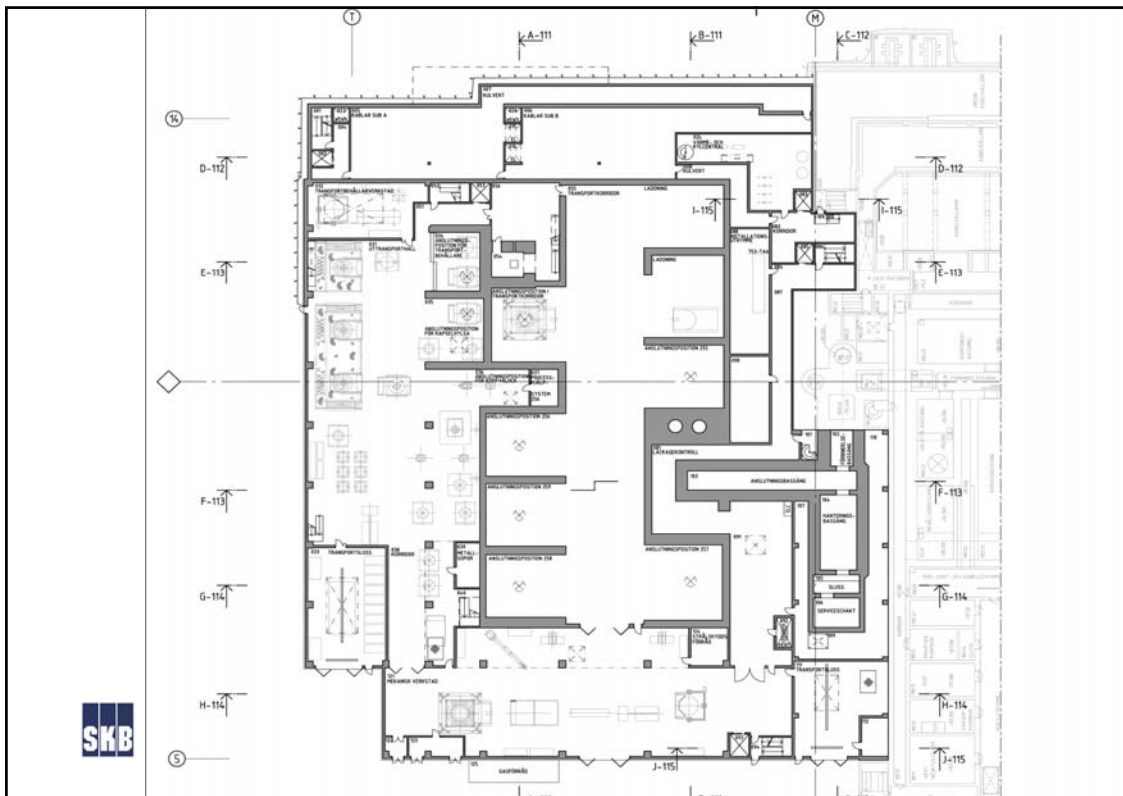
Intransport av kapsel

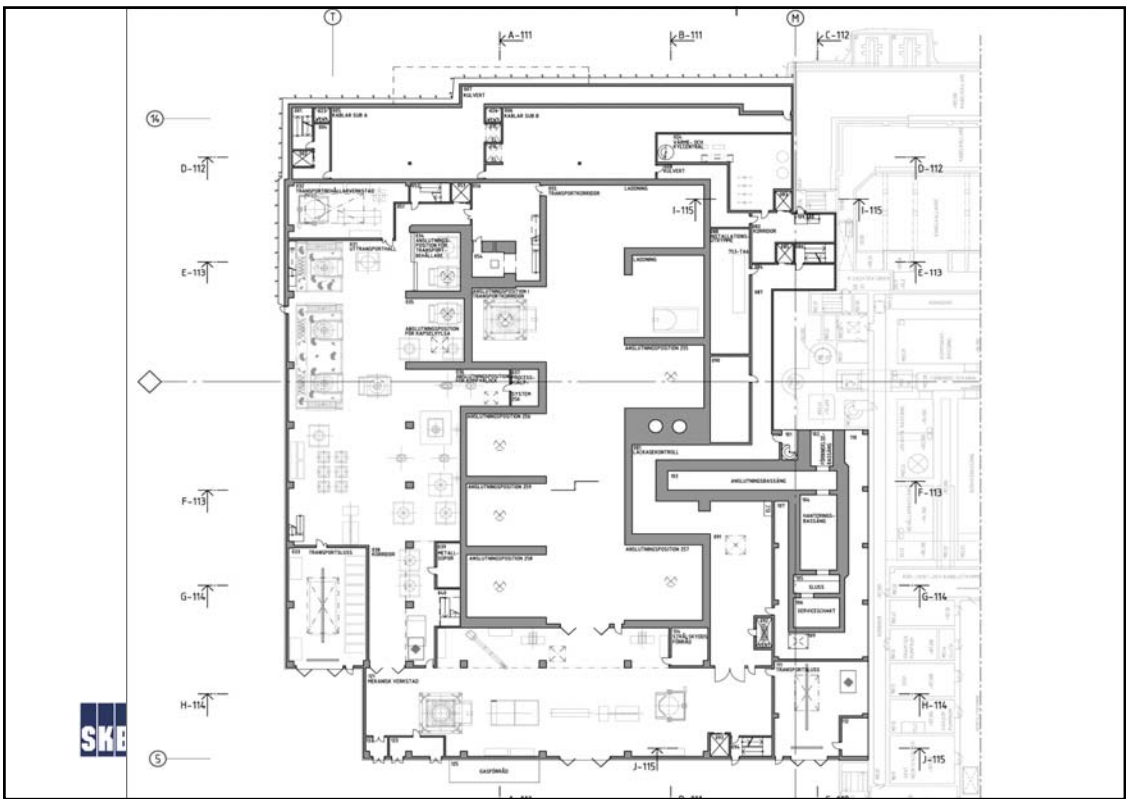
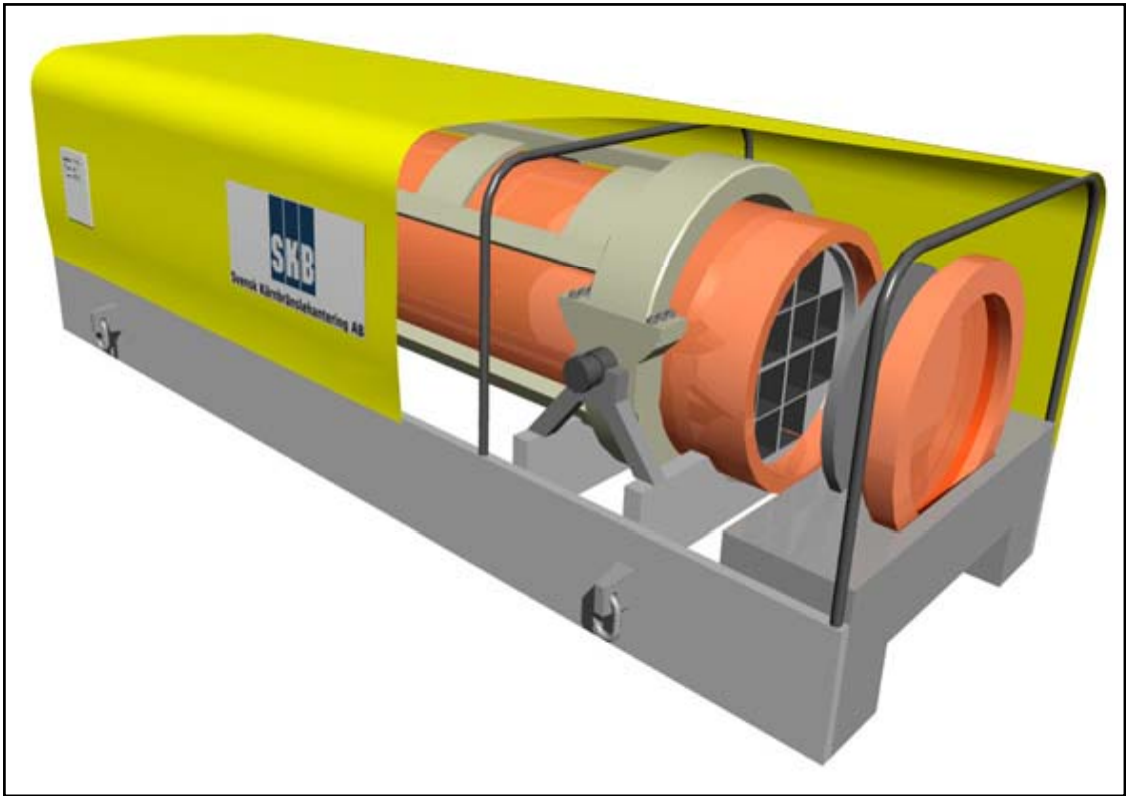


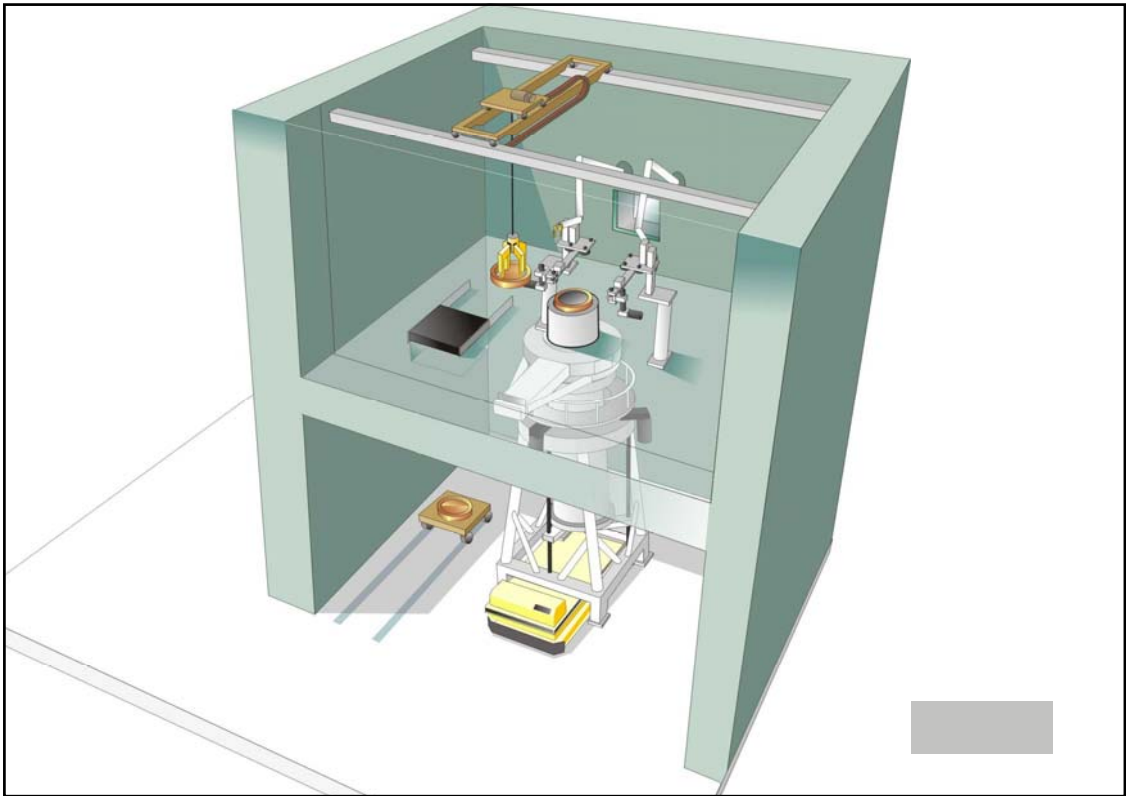
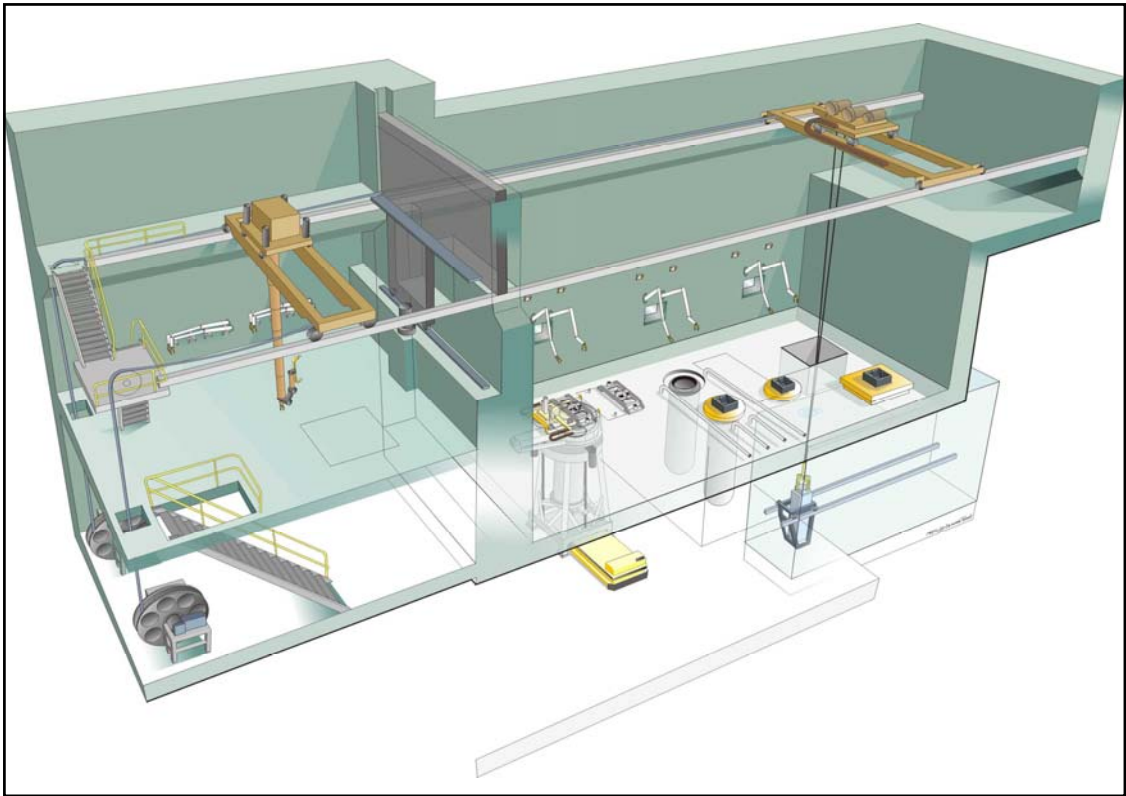
50 mm copper

Estimated weight (kg):

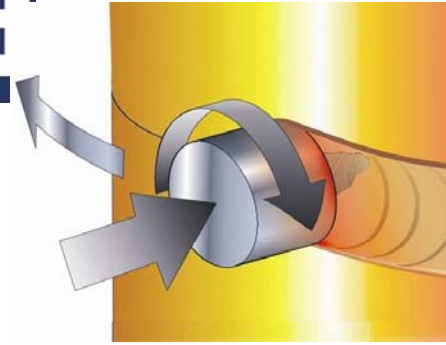
| | |
|-----------------------|---------------|
| Copper canister | 7,400 |
| Insert | 13,600 |
| Fuel assemblies (BWR) | 3,600 |
| Total | 24,600 |



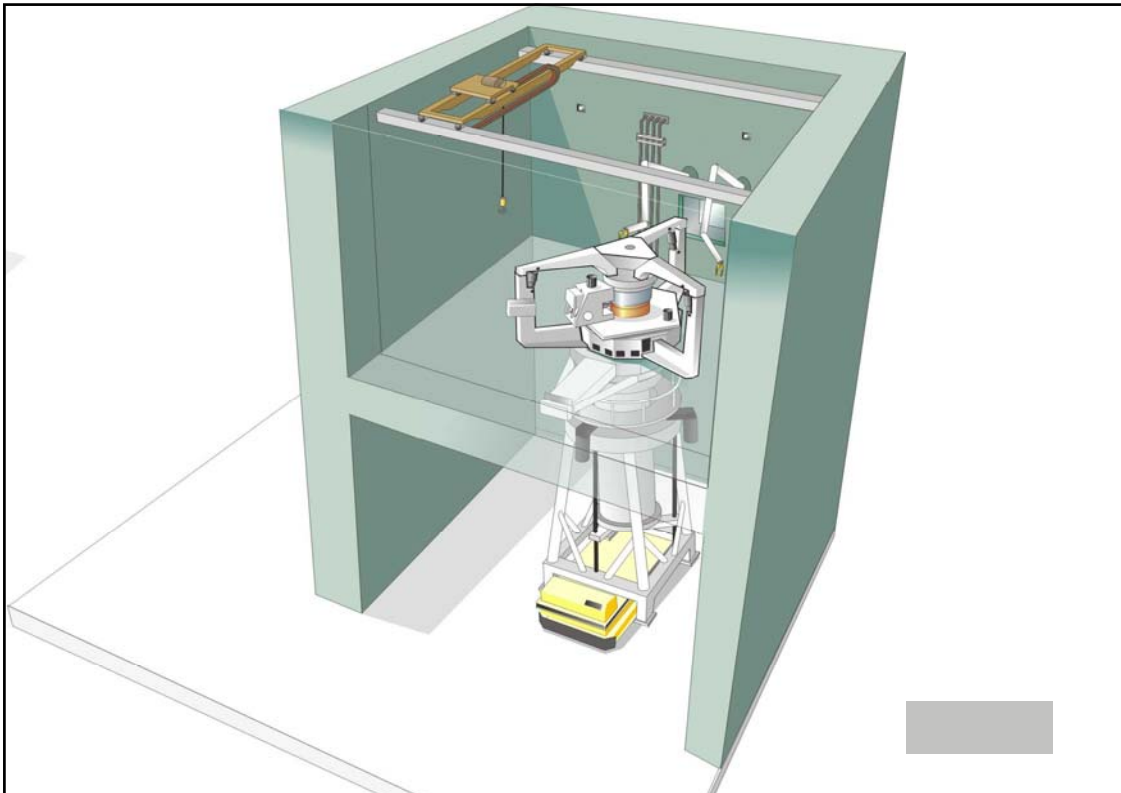




Förslutning av kapseln



SKB

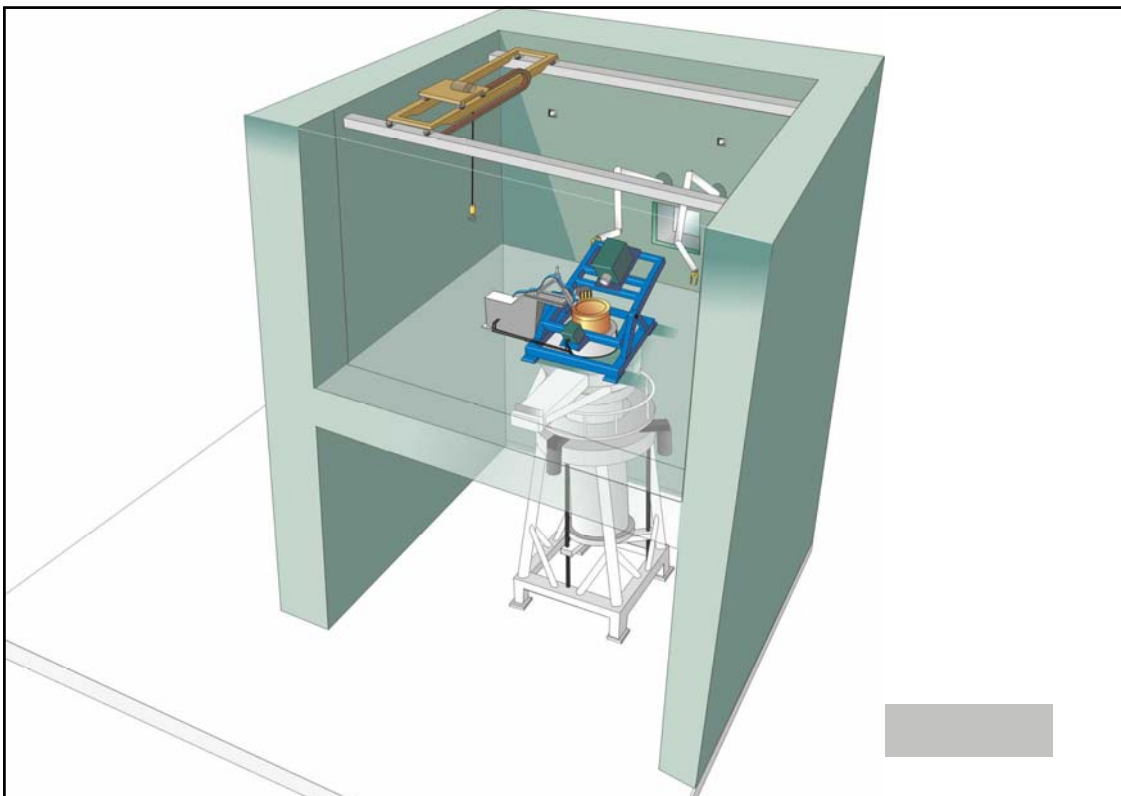


Oförstörande provning



SKB

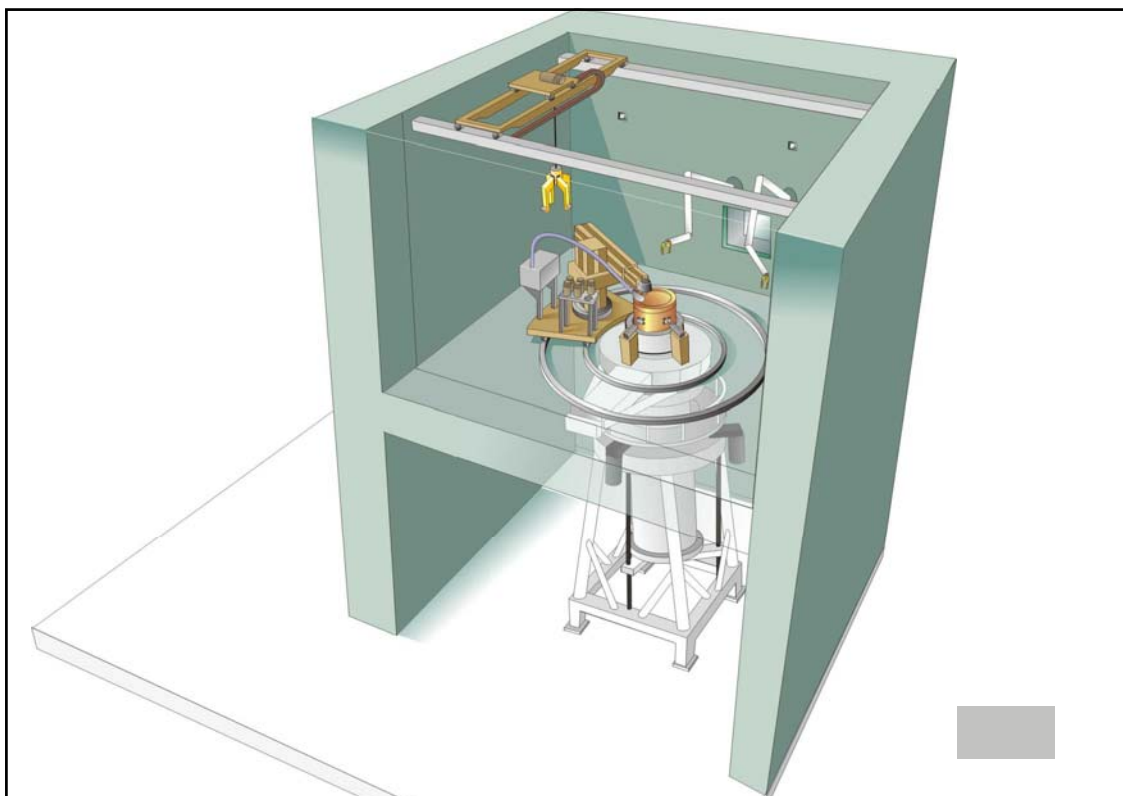
81



Station för maskinbearbetning / Machining station

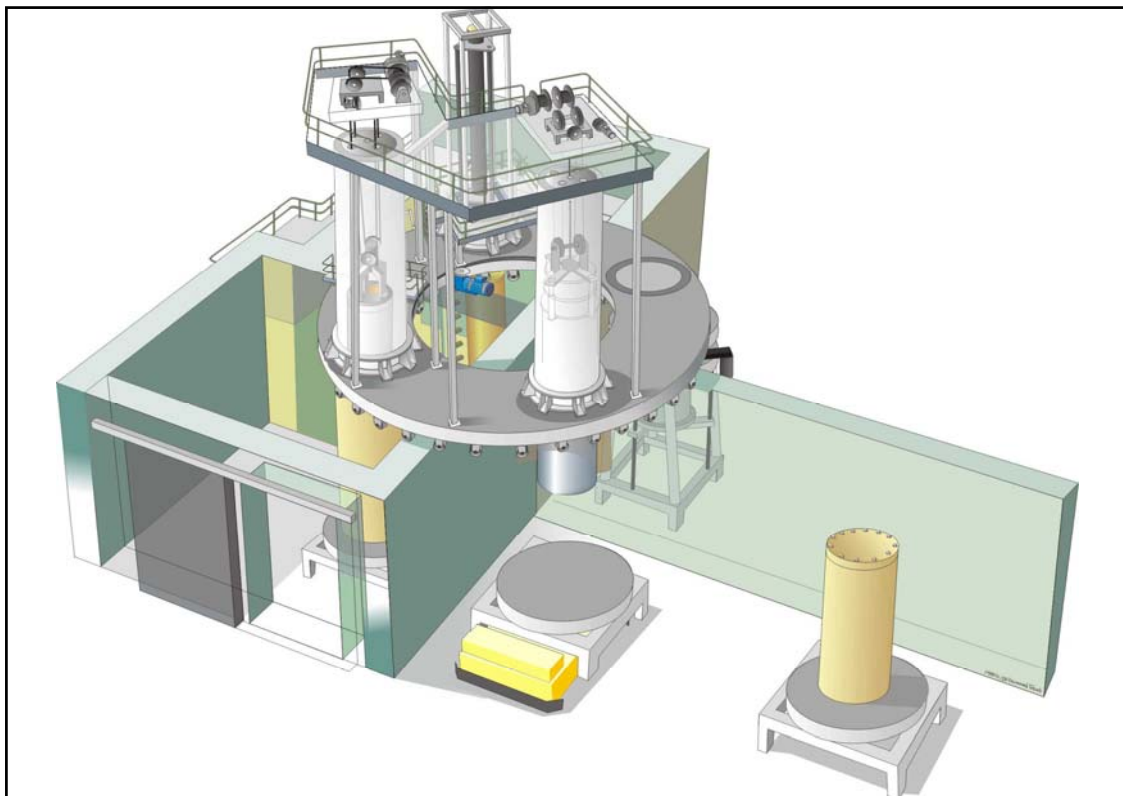
- Maskinbearbetning efter svetsning av sidan på kapseln samt toppen (locket)
- Möjlighet att kapa och ta bort lock på skadade kapslar

SKB



Kapselhanteringsmaskin / Disposal canister handling machine

- Flytta kapsel och kapselhylsa mellan anslutningsposition och lastbäraren
- Flytta potentiellt kontaminerad kapsel från lastbäraren till mät- och dekontaminerings –stationen
- Flytta ren kapsel från mät- och dekontamineringsstationen till anslutningsposition för KTB
- Flytta kontaminerad kapselhylsa mellan lastbäraren och anslutningsposition
- Möjliggöra av och på lockning av KTB



Uttransport

