

Forskning



Granskning av SKB:s förslag till inkapslingsteknik

Mats Lundin
Oskar Gustafsson
Bernt von Brömsen
Eva Troell

Januari 2001

SKI-perspektiv

Bakgrund

SKI genomför regelbundet kostnadsgranskningar av SKB:s program, som underlag till SKI:s årliga förslag till regeringen på avgifter och säkerhetsbelopp i enlighet med finansieringslagen. En tidigare större granskning som avslutades 1998 avsåg kostnaderna för inkapsling av det använda bränslet, omfattande uppförande och drift av en inkapslingsanläggning, samt tillverkning av kapslar. SKB har därefter presenterat en reviderad kostnadsberäkning för tillverkning av kapslar där de uppskattade kostnaderna för kapslar minskat med ca 35 %.

SKI:s syfte

Syftet med detta projekt är att ge SKI ett underlag för att bedöma om SKB:s reviderade kostnadsberäkning för kapseltillverkning kan ligga till grund för en ändring i kostnadsunderlaget i SKI:s beräkning av avgifter och säkerhetsbelopp som följer av finansieringslagen.

Resultat

IVF redovisar sin bedömning av SKB:s kostnadsberäkningar, och menar att föreslagna tillverkningsmetoder, utrustningsval och organisation bör innebära att en fungerande tillverkning av kapslar kan skapas, men rekommenderar i några fall vidare utredningar.

Eventuellt fortsatt verksamhet inom området

Såväl metoderna för beräkningar av kostnader som metoderna för kapseltillverkning utvecklas vidare av SKB, varför SKI även fortsättningsvis behöver granska SKB:s kostnadsberäkningar.

Effekt på SKI:s verksamhet

IVF:s bedömning av kostnadsberäkningarna kommer att beaktas vid SKI:s samlade bedömning av avgifter och säkerhetsbelopp enligt finansieringslagen.

IVF:s genomgång har också gett värdefulla synpunkter på tekniska frågor angående kapseltillverkning, vilket kommer att användas som underlag vid SKI:s tillsyn av SKB:s slutförvarsprogram.

Projektinformation

SKI:s handläggare har varit Mårten Eriksson och Christina Lilja.

SKI ref. 14.9-000344/00074.

Tidigare SKI-rapport inom området: SKI Report 98:33, Swedish Encapsulation Station Review, S-O. Andersson, P. Brunzell, R. Heibel, J. McCarthy, C. Pennington, C. Rusch, G. Varley, June 1998.

Forskning

Granskning av SKB:s förslag till inkapslingsteknik

Mats Lundin
Oskar Gustafsson
Bernt von Brömsen
Eva Troell

IVF Industrieforskning och utveckling AB
Argongatan 30
431 53 Mölndal

Januari 2001

SKI Projektnummer 00074

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Statens kärnkraftinspektion, SKI. Slutsatser och åsikter som framförs i rapporten är författarens/författarnas egna och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med SKI:s.

Sammanfattning

Denna analys är en oberoende utvärdering av förslaget till tillverkning av kapslar för slutförvaring presenterad av SKB (Svensk kärnbränslehantering AB) i samarbete med MABU Consulting. IVF har utfört utvärderingen på uppdrag från SKI (Statens kärnkraftinspektion).

IVF:s bedömning är att förslagna tillverkningsmetoder, utrustningsval och organisation bör innebära att en fungerande tillverkning av kapslar kan skapas. Inga avgörande brister i förslaget har identifierats, vilka skulle kunna innebära större problem vid tillverkningsprocessen.

I några fall rekommenderas vidare utredningar angående metodval och/eller föreslagna utrustningar. Huvudsakligen rör detta aktuella svetsprocesser, för vilka också SKB betonat att fortsatta utvärderingar pågår. Dessutom rekommenderar IVF att metod- och utrustningsval för bearbetning av kopparcylindrar samt blästring av insatser utvärderas ytterligare.

Summary

This report accounts for an independent assessment of a proposal regarding manufacturing of copper canisters, which has been presented by SKB (Swedish Nuclear Fuel and Waste management Co) in cooperation with MABU Consulting. IVF (The Swedish Institute for Production Engineering Research) has performed the assessment by commission of SKI (Swedish Nuclear Power Inspectorate).

IVF generally believe that the proposed methods, recommended manufacturing equipment and organisation will most likely mean that a functioning manufacturing of canisters can be realised. No significant deficiencies have been identified, which should mean serious problems during the manufacturing process.

In some cases IVF recommends a further evaluation regarding proposed methods and/or equipment. Basically these concern the welding processes. However, it should be stressed that SKB has emphasised that further investigation will be performed regarding this subject. Furthermore IVF recommend that proposed methods and equipment for machining of copper cylinders and for blasting of inserts should be further evaluated.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
1.1 ANTAGANDEN OCH/ELLER BEGRÄNSNINGAR FÖR GRANSKNINGEN	1
2 ALLMÄN BEDÖMNING AV FÖRSLAG	2
2.1 TEKNISK LÖSNING	2
2.2 FÖRESLAGEN LÖSNING FÖR DRIFT AV ANLÄGGNINGEN	3
2.3 EKONOMISK REDOVISNING AV DEN FÖRESLAGNA LÖSNINGEN	3
3 PROCESSTEG FÖR BEARBETNING AV KOPPARKOMPONENTER.....	4
3.1 GODSMOTTAGNING FÖR KOPPAR.....	4
3.2 RULLFORMNING	4
3.3 KANTFRÄSNING OCH FOGBEREDNING AV RULLFORMADE PLÅTAR	5
3.4 ELEKTRONSTRÅLESVETSNING – LÄNGSSVETSNING.....	7
3.5 ULTRALJUDSKONTROLL AV AXIELLA ELEKTRONSTRÅLESVETSEN OCH MEKANISK PREPARERING	9
3.6 AVSPÄNNINGSGLÖDNING.....	10
3.7 MASKINBEARBETNING AV KOPPARRÖRET.....	11
3.8 DIMENSIONS-KONTROLL	12
3.9 EB-SVETSNING AV BOTTEN	13
3.10 ULTRALJUDSKONTROLL AV BOTTENSVETS	14
3.11 RÖNTGEN AV LÄNGSSVETS OCH BOTTENSVETS	14
3.12 LOCK- OCH BOTTENBEARBETNING.....	15
3.13 DIMENSIONS-KONTROLL	15
3.14 TVÄTTNING AV KOPPARKAPSEL	16
3.15 SLUTKONTROLL, MONTERING OCH FÖRPACKNING	17
3.16 LAGER FÖR FÄRDIGA KAPSLAR	17
4 PROCESSTEG FÖR INSATS OCH STÅLLOCK.....	18
4.1 GODSMOTTAGNING FÖR INSATS OCH INSATSLÖCK	18
4.2 UTVÄNDIG SVARVNING.....	18
4.3 SVARVNING AV INSATSLÖCK.....	19
4.4 BLÄSTRING AV INSATSERNAS KANALER.....	19
4.5 DIMENSIONS-KONTROLL AV INSATS OCH STÅLLOCK	20
5 BESKRIVNING AV ÖVRIGA LOKALER I FABRIKEN.....	21
5.1 KONTOR OCH PERSONALUTRYMMEN.....	21
5.2 LABORATORIUM.....	21
5.3 VERKSTAD FÖR VERKTYGSUNDERHÅLL.....	21
5.4 FABRIKSBYGGNAD.....	22
5.4.1 Mark och planering	22
5.4.2. Byggnad och installationer.....	22
5.4.3 Totalt byggnad och planering	22
5.4.4 Driftskostnader.....	23
6. PERSONAL OCH PERSONALKOSTNADER.....	24
7. METALLFÖRBRUKNING OCH METALLKOSTNADER.....	25
8. MASKIN- OCH UTRUSTNINGSinVESTERINGAR.....	26
9. KOSTNADSSAMMANSTÄLLNING	27
10. MILJÖASPEKTER.....	28
10.1 SKÄRVÄTSKA.....	28
10.2 TRANSPORTER.....	28
11. EXTRUDERING, SOM ERSÄTTNING TILL VALSNING OCH SVETSNING AV RÖRHÄLVOR (SKB TI-00-03).....	29
11.1 ALLMÄN BEDÖMNING AV FÖRSLAG ENLIGT TI-00-03	29
11.1.2 Teknisk lösning.....	29
11.1.3 Föreslagen lösning för drift av anläggningen.....	31
11.1.4 Ekonomisk redovisning av den föreslagna lösningen.....	31

1 Inledning

Upplägget för denna rapport följer SKB:s rapport TI-99-01 A. Syftet med detta är att göra en jämförelse enkel mellan föreslagen åtgärd och givna omdömen. Rapporten är framtagen med avsikt att ge en översiktlig och för kunden anpassad beskrivning av slutsatserna som gjorts angående det granskade materialet.

En kortare allmän bedömning ges för varje större delmoment som beskrivs i det granskade underlaget. Därefter behandlas varje enskilt processteg, där föreslagen lösning och avgivna omdömen presenteras. Vissa processteg har dock slagits samman och behandlas under en rubrik när detta visat sig vara praktiskt. Vidare behandlas även övriga lokaler med utrustning under egen rubrik.

Metoden att utnyttja extrudering, som en ersättning till valsning och svetsning av rörhalvor, behandlas i ett eget avsnitt (SKB TI-00-03). Detta eftersom granskning av denna metod tillkommit som ett tillägg till den ursprungligt specificerade uppgiften.

1.1 Antaganden och/eller begränsningar för granskningen

Granskaren utgår från att de förslag på utrustningar, samt dess kostnad, endast utgör en indikering av lämpliga teknikval. Det underförstås att mer detaljerade offerter från olika leverantörer undersöks när investering i de olika utrustningarna ska ske. I dessa bör bl a individuella maskinprestanda, och kvalitet vad gäller service mm hos leverantörer, ställas mot uppställda krav för de aktuella bearbetningsoperationerna. En sådan jämförelse kan påtagligt förändra både prisbild och processegenskaper.

2 Allmän bedömning av förslag

Allmänt sett bedöms förslaget vara rimligt för den verksamhet som ska genomföras. Valda processer, utrustningar och funktionssätt kan sannolikt uppfylla ställda krav. I några fall rekommenderas en vidare utvärdering av valda lösningar, med syfte att höja produktivitet och /eller kvalitet för tillverkningen.

Ekonomiskt sett bedöms presenterade beräkningar som sannolika. Några ytterligare kostnadsposter bör dock adderas för att ge en mer heltäckande kalkyl för tillverkningen.

2.1 Teknisk lösning

Överlag bedöms föreslagna metoder och teknik i princip kunna fungera enligt specificerade arbetssätt. Att ha separata verkstäder för bearbetning av koppar och gjutgods är effektivt, och förenklar betydligt hantering av bland annat spånor.

- Valen av de beskrivna maskintyperna för skärande bearbetning är rimliga. Många av de processer som utnyttjas för skärande bearbetning av komponenter är väl utprovade och bedöms inte ge upphov till större problem. Undantaget är den in- och utvändiga bearbetningen av kopparcylindern, där en djupare utredning föreslås. Överlag rekommenderas också en noggrannare specificering av nödvändig kringutrustning för de olika bearbetningsprocesserna, och kostnad för denna. Dessutom bedöms kostnader för att fundamentera och installera maskinutrustningar som något låg.
- Mätning och kontroll av maskinbearbetade detaljer bedöms kunna utföras av enklare och billigare teknik än den som föreslagits. Detta baseras på de låga kraven på flexibilitet som gäller för aktuell tillverkning.
- Den föreslagna lösningen för att blåstra insatsens håligheter bör utvärderas ytterligare, alternativt omprövas. Man bör i detta fall gå tillbaka till själva gjutprocessen för att minimera blåstringsbehovet.
- Föreslagen svetsprocess kan sannolikt fungera. Betonas bör dock att elektronstrålesvetsningen (EB-svetsning) ännu inte är så beprövad att svetsproceduren kan sägas vara "kvalitetssäkrad". Sannolikheten bedöms dock vara stor att ett lyckat resultat kan uppnås inom några år. Man bör dock även studera de alternativa metoder som finns/kommer att finnas. Det finns i huvudsak två sådana alternativa svetsmetoder, Friction Stir Welding (FSW) resp. lasersvetsning, vilka båda kan bli tänkbara alternativ till elektronstrålesvetsning att beakta. IVF gör bedömningen att projektets tidshorisont innebär att lasersvetsning inte bör avskrivas helt, även om metoden idag är klart otillräcklig.
- Valen av kontrollmetoder för svetsning är relevanta. Att använda både ultraljud och röntgen är sannolikt bra, dock är inte metodiken ännu färdigutvecklad för denna applikation. Sannolikt är dock metoderna de bästa tillgängliga. Betonas bör också att eftersom svetsens yta ska motstå korrosion är det viktigt att det inte finns några ytdefekter. Därför bör kontrollen utökas med lämpligt instrument för kontroll av ytdefekter.
- Föreslagen värmebehandlingsmetod bedöms kunna fungera enligt förslag. En noggrannare utvärdering och specificering av föreslagen metod, samt processparametrar, rekommenderas dock.

2.2 Föreslagen lösning för drift av anläggningen

Utgående från de relativt översiktliga beskrivningar som presenteras, bedöms förslaget funktionssätt för aktuell tillverkningsenhet som relevant. Dock föreslås en djupare utvärdering och specificering av verkstadens funktions- och arbetssätt. Några faktorer som speciellt bör beaktas är:

- ❑ Möjligheten att organisera arbetet på ett sätt som gör att enskilda individer klarar många arbetsuppgifter. Detta eftersom många arbetsmoment endast täcker en del av hela tjänster. En mera ”arbetslags-baserad” organisation kan fungera bra.
- ❑ Hur tillverkningen optimeras, både tekniskt och organisatoriskt. Bland annat bör flödessimuleringar genomföras för att studera effekten av alternativa sätt att planera och genomföra tillverkningen.

2.3 Ekonomisk redovisning av den föreslagna lösningen

Överlag är angivna kostnader för material, utrustning och tjänster mm högst rimliga. Det finns dock några punkter där kompletteringar, eller mindre korrigeringar, rekommenderas: (*se även kap. 1.1 Antaganden ..*)

- ❑ Den angivna räntan i kalkyler för bl a maskininvesteringar verkar något låg. I nuläget ingår uppenbarligen enbart ränta för upplåning av kapital. Kostnader för bl a återinvesteringar, inflation och vinstskatt bör även tas hänsyn till när räntenivån sätts. (*Dessa påståenden bygger på hur ett verkstadsföretag räknar. IVF reserverar sig för att andra beräkningsgrunder finns för detta fall, vilket i så fall förändrar bilden*)
- ❑ Räntekostnader för råvaru- och färdiglager saknas. En försiktig uppskattning indikerar att dessa kostnader kan bli avsevärda.
- ❑ Kostnader för verktyg och annat förbrukningsmaterial är snålt tilltagna. Sannolikheten är stor att kostnaderna för dessa är avsevärda.

Kostnader utgör i sig relativt små andelar av den totala kostnadsbilden, där materialkostnaderna dominerar. De är dock sannolikt inte försumbara i sammanhanget.

En ytterligare post där klarlägganden rekommenderas är hur man ser på maskinutrustningarnas tekniska livslängd, samt hur utbyte av dessa planeras, ur ekonomisk synpunkt.

3 Processteg för bearbetning av kopparkomponenter

3.1 Godsmottagning för koppar

MABU/SKB Förslag

Till fabriken levereras kopparplåtar med vägg tjocklek 60 mm i storlek 2 000x4 900 mm, vikt: 5 200 kg per styck avsedda för koppartjocklek 50 mm eller med vägg tjocklek 40 mm i samma storlek, vikt: 3 500 kg avsedda för koppartjocklek 30 mm. Även smidda ämnen till topp- och bottenlock levereras till fabriken. Kopparmaterialet är av kvalitet Cu-OF med ca 50 ppm fosfor.

Godsmottagningen har lagringsställ eller motsvarande anordningar för mottagning av plåtar och smidda lockämnen. Godshantering sker med travers och därutöver finns tillgång till truck, vilken är stationerad vid lagret för färdiga kapslar. Utrymmet utgör även lager för spån från maskinbearbetningen och utgör sammanlagt 600 m². Utrustningskostnader; 0,3 MSEK.

IVF:s kommentar

Förslaget bedöms vara rimligt för den hantering av material som anges i förslaget. Användningen av en gemensam truck är lämplig då arbetsuppgifterna ej motiverar en separat truck för denna uppgift.

3.2 Rullformning

MABU/SKB Förslag

För att utföra rullformning av plåtarna krävs en rullbökningsmaskin med fem meters bökningslängd. Den tjockväggiga kopparplåten kräver stor kraft mellan rullarna i rullformningsmaskinen eftersom formningen utförs utan förvärmning. Kraftbehovet utgör ca 1000 ton. Dessutom krävs krökningsradieanpassade och bomberade valsar för rullformningen. En nackdel med konventionella rullformningsmaskiner är att den lämnar en start- och slutdel av plåten opåverkad av formningen. Längden på denna rakkant är mindre i 4-valsmaskiner (1,3-1,7 x plåttjockleken t) än i 3-valsmaskiner (1,5-2,0 x t). På grund av viss osäkerhet beräknas här rakkanten bli 2 x t på vardera sidan.

Rullmaskinen, som skall vara programstyrd, bör byggas ned i fabriksgolvet för att få en bättre anpassad arbetshöjd. Plåtinmatningen kan underlättas med en "pusher". Efter färdigrullning frigörs övre valsen och den rullade plåten tas ut axiellt och går vidare till kantfräsmaskinen. Bearbetningstiden är beräknad till 15-30 minuter per rörhalva.

MABU/SKB Förslag forts.

Utrustningskostnader: ca 10 MSEK

Personalbehov: 1 person under rullformningen motsvarande totalt 0,5 personer.

*HPH Machine AB föreslår en FACCIN rullformningsmaskin, motoreffekt 185 kW
Budgetpris; 10 MSEK*

IVF:s kommentar

Rullformningen som metod bedöms inte innebära några problem vad gäller att åstadkomma önskade geometrier. Det kan dock konstateras att föreslagen metod ger upphov till en avsevärd mängd materialspill. Eftersom kopparpriset är en viktig faktor när den ekonomiska utvärderingen görs är detta en viktig faktor.

Vad gäller materialflödet i rullformningsmaskinen är det svårt att dra några bestämda slutsatser angående föreslagna metoder p.g.a. bristfällig beskrivning. Sannolikt krävs en djupare analys angående hur materialet ska hanteras i och ur maskinen, samt vilken utrustning som krävs för detta ändamål.

Det pris som anges för maskinutrustningen bedöms vara rimligt. Det saknas dock angivna kostnader för fundamentering av maskinen, samt kringutrustning för bland annat för hantering. Dessa kostnader är inte försumbara i sammanhanget.

3.3 Kantfräsning och fogberedning av rullformade plåtar

MABU/SKB Förslag

Bearbetning av plåtkanter och fogberedning inför EB-svetsning sker i en fräsmaskin med långt arbetsbord. Placeringen föreslås vara i samma riktning som den rullade plåten tas ut ur rullmaskinen. Maskinen som är en "Gantry"-typ bör vara utrustad med verktygsväxlare, t ex fyra verktyg i s k "pick-up" station, samt vara försedd med "tool monitoring" för registrering av tid och skärkrafter för automatiskt verktygsbyte när skärkrafterna ökar. Clampingsystemet är hydrauliskt med fjäderbelastade stöd, som kan låsas i individuella lägen. En maskin med avverkningskapaciteten ca 1000 cm³/min ger bearbetningstiden ca 1 timme per kant. För fräsning av en plåthalva åtgår 2 timmar exklusive tid för uppriggnig.

Dimensionskontroll; Efter avslutad bearbetning utförs planhetskontroll genom att inspänning av rörhalvan frigörs. Planheten mäts därefter med portalmaskinen. Därmed erfordras ingen separat uppmättningsstation.

MABU/SKB Förslag forts.

Utrustningskostnader; ca 8 MSEK

Personalbehov; Maskinen betjänas av 1 person.

HPH Machine AB föreslår en portalfräsmaskin Asquith Butler typ STARCUT med rörlig portal och fast bord. Spindeleffekt 45 kW. Hydraulisk clamping av arbetsstycket.

Budgetpris; 8 MSEK

IVF:s kommentar

Valet av maskin verkar lämpligt för den beskrivna fräsningen. Kringutrustning till maskinerna och speciella delmoment som ska hanteras på respektive station måste dock specificeras noggrannare. Det måste på ett tydligt sätt visas att maskinerna verkligen klarar operationerna de köpts in för, på ett produktivt sätt.

En viktig del är att utveckla bearbetnings- och fixtureringsmetoder som garanterar att rätt geometri kan nås. Annars är risken stor för formförändringar då fixtureringskraften tas bort, och arbetsstycket eventuellt fjädrar tillbaka. Hantering av stora tunga detaljer som i detta fall kan vara svårt och utformning av bra fixtur kan ge stora vinster.

Uppspänning av detaljen i fixturen ska också medföra enkelt spånbortfall. Stora mängder spån kan värma upp t ex arbetsstycke, maskin eller skada verktygen. Vidare bör det studeras om enskilda eller ett verkstadsgemensamt system för skärvätska ska användas, för att ytterligare säkerställa spånbortförsl. Att bearbeta i 99.99% koppar är ställer också speciella krav. Materialet är långspånande och har en kletig karaktär, vilket bör uppmärksammas för att förhindra problem med t ex. spånbortförsl.

Bemannning med en operatör per maskin kan ifrågasättas, då bearbetningstiden överstiger flera timmar. Ett alternativ skulle kunna vara att låta en grupp operatörer ansvara för ett flertal maskiner. Då flera operatörer kan hjälpas åt förenklas hanteringen av de stora detaljerna.

3.4 Elektronstrålesvetsning – längssvetsning

MABU/SKB Förslag

Elektronstrålesvetsning har i jämförelse med andra svetsmetoder ett mycket stort penetreringsdjup vid svetsning av tjockväggiga material och utgör därför den bäst lämpade metoden för svetsning av tjockväggig koppar. Den goda värmeledningen i koppar i förening med den stora väggjockleken som skall svetsas kräver en utrustning med utomordentligt hög effekt i elektronstrålen. Svetsningen utförs i en vakuumkammare. Den kraftfulla utrustning som används är speciellt utvecklad för denna tillämpning.

I en rörformig kammare med längden ca 11 meter och diametern 2,5 – 3,0 m anordnas svetskanonen i mitten av röret. Kammaren förses med en längdmatning och en rundmatning av kapseln. Därmed kan båda svetsmomenten utföras i kammaren. Detta för att förebygga produktionsstörningar vid eventuellt maskinhaveri. Vid längdsvetsning matas kapseln axiellt under svetsningsoperationen.

Båda gavlarna på kammaren bör vara öppningsbara för att en ny kapsel skall kunna riktas upp under pågående svetsning. Av driftsäkerhetsskäl för produktionen förordas två identiska EB-utrustningar för längd- och botten svetsning vilket medger att vid eventuellt haveri i en av EB-utrustningarna kan den andra utrustningen tjäna som reservutrustning.

Kostnadsnivån har uppskattats i jämförelse med den utrustning som har inköpts för kapsellaboratoriet.

*Utrustningskostnad; 40 MSEK
Personalbehov; 1 person*

IVF:s kommentar

Metodval:

Elektronstrålesvetsningen (EB-svetsning) av 50 mm tjock koppar är ännu inte så beprövad att svetsproceduren kan sägas vara "kvalitetssäkrad" enligt EN729 (europeisk svetsstandard). Metodiken är fortfarande under utveckling. Det är därför inte helt säkert att svetsproceduren kommer att kvalitetssäkras, det vet man med säkerhet först efteråt. Sannolikheten bedöms dock vara stor att ett lyckat resultat kan uppnås inom några år.

Det finns i huvudsak två alternativa svetsmetoder, Friction Stir Welding (FSW) resp. lasersvetsning, vilka båda kan bli tänkbara alternativ till elektronstrålesvetsning att beakta. Både laser och FSW bedöms ha mycket stor utvecklingspotential, god kostnadspotential och stor sannolikhet till att nå kvalitetssäkrad svetsning av kopparkapslar. Vad gäller lasersvetsning så är metoden i dagsläget klart otillräcklig, bl a angående inträngningsdjup. IVF följer dock utvecklingen av metoden kontinuerligt, och bedömer den framtida potentialen som stor. De lasersvetsutrustningar som lanseras har i nuläget en snabb tillväxt vad gäller prestanda. Tekniken bör också kunna erbjuda kostnadseffektiva lösningar i framtiden. I och med att aktuellt projekt har en lång tidshorisont rekommenderar IVF därför att man inte helt avskriver metoden.

Fogdesign:

Det är alltid svårt att undvika porositet vid smala och djupa svetsar som i detta fall med EB-svetsning av kopparkapslarna och den aktuella fogen. Om kraven på lägre porositet ökas efter hand kan det vara svårt att uppfylla dessa. Ett flersträngsförfarande (svetsning av mer än en svetssträng) kanske är att föredra med en annan fogdesign, som t ex V-fog med 10 – 25 mm rätkant inkl tillsatsmaterial. Denna fogutformning minskar också kravet på hög effekt på utrustningen. Därmed minskar också sannolikt kostnaden för svetsutrustningen samtidigt som tillgängligheten för alternativa svetsmetoder ökar.

Nämnas kan också att när locket ska förslutas så används en icke synlig fog, detta bedöms som en onödig nackdel. Om man istället väljer en för operatören synlig fog så kan onödiga misstag lättare undvikas. Man ger också en operatör en extra möjlighet att avvärja misstag genom att ögonen används. Om ej synlig fog ska användas för svetsning av locket bör ett mätinstrument användas som säkerställer elektronstrålens position relativt fogen.

Utrustning – övervakning:

När svetsning av en kapsel startar ska sannolikheten för att det blir en lyckad svets vara mycket nära 100 %. När operatören trycker på startknappen ska han eller hon må känna att han har god kontroll på de viktigaste svetsparametrarna. Flera parametrar mäts i den anläggning som används i Oskarshamn idag, men direkt mätning av elektronstrålen saknas. Utrustningen bör kompletteras med ett mätinstrument som möjliggör detta. Det är energin i elektronstrålen som smälter metallen och omvandlar den till en svets. Det är därför av största vikt att ha god kontroll på elektronstrålen både vad avser energitäthet och position. Detta instrument bör öka repeterbarheten vad avser svetskvalitet.

3.5 Ultraljudskontroll av axiella elektronstrålesvetsen och mekanisk preparering

MABU/SKB Förslag

All svetsning av kapseln kontrolleras genom oförstörande provning. Kontrollen sker med röntgen och ultraljud. Kontrollstationer inrättas i anslutning till de två svetsstationerna. Det vill säga i anslutning till längssvetsningsstationen och i anslutning till bottensvetsningsstationen.

Svetsen kontrolleras i denna första operationen med ultraljud direkt efter svetsningen. För att utföra kontrollen krävs en viss grad av mekanisk preparering, slipning eller planfräsning av svetsen. Kontrollen utförs i vattenbassäng med ett instrument som automatiskt rör sig över och längs svetsarna.

All OFP-kontroll utförs av personal från laboratoriet.

Utrustningens detaljutformning är osäker, men kostnadsnivån har uppskattats i jämförelse med den utrustning som har inköpts för kapsellaboratoriet.

Utrustningskostnader; 3,25 MSEK.

IVF:s kommentar

Att använda både ultraljud och röntgen är sannolikt bra, dock är inte metodiken ännu färdigutvecklad för denna applikation. Om kombinationen är tillräcklig för att upptäcka eventuella svetsdefekter beror kanske på storleken på defekterna som det letas efter, men sannolikt är metoderna de bästa tillgängliga. Dock, eftersom svetsens yta ska motstå korrosion, är det viktigt att det inte finns några ytdefekter. Därför bör kontrollen utökas med lämpligt instrument för kontroll av ytdefekter, t ex eddy current eller s k virvelströmsteknik.

3.6 Avspänningsglödning

MABU/SKB Förslag

För att förhindra dimensionsförändringar vid efterföljande maskinbearbetning görs en avspänningsglödning av det svetsade kopparröret vid ca 400 grader C i ca 1 timme. Uppvärmning och avsvälning beräknas ta ett dygn. Glödgningsugnen betjänas av personal från bearbetningsgruppen. Ugnen beräknas glödga två rör per cykel.

Utrustningskostnad; 0,7 MSEK

Personalbehov; 0,5 personer

*Ugnsbolaget Tabo AB, Jorma Kujansuu, föreslår (telefonuppgift) en vagnugn med hisslucka 1500 x 2500 x 6000 mm av dubbla plåtväggar med mellanliggande isolering, effekt; 100 kW.
Budgetpris; 700 kSEK*

IVF:s kommentar

Att utföra avspänningsglödning efter svetsningen behövs för att undvika formförändringar vid efterföljande operationer. Enligt Werme L (1998)* är dock risken för spänningskorrosion osannolik. I stort är det ett lämpligt upplägg. Vissa förtydliganden/kompletteringar krävs dock och redovisas nedan. Att låta ugnen betjänas av personal från bearbetningsgruppen och taktiden bedöms som rimlig.

Val av metod och utrustning:

Valet av vagnugn är mycket lämpligt eftersom detta underlättar hanteringen av kapslarna. Med en vagnugn kan kapslarna hela tiden hanteras horisontellt. Man bör dock se till så att man får en så jämn värmeöverföring som möjligt, eftersom vagnen tar en del av värmen. Detta kan göras genom att göra godsets anliggningsyta så liten som möjligt, t ex genom att placera kapseln på stöd. För att få en bra temperaturjämnhet krävs en fläkt. Ett eventuellt alternativ till en vagnugn kan vara en gropugn där godset lyfts i och ur vertikalt genom ett topplock. Ett annat alternativ är en kammarugn där kapslarna chargerats horisontellt. Fördelar med de två sistnämnda är att det kan vara lättare att få en jämn temperaturjämnhet i dessa. Nackdelen med dem är att hanteringen av kapslarna blir svårare.

Priset bedöms som rimligt. Fler ugnstillverkare bör dock kontaktas. (se kap. 1.1)

Att avspänningsglödga vid 400 °C låter som en något hög temperatur. För att inte riskera att påverka de mekaniska egenskaperna skulle en lägre temperatur under en längre tid kunna användas med samma effekt på restspänningsnivån. Temperaturförloppet måste styras både under värmning och under svalning.

* Werme, L., *Konstruktionsföresättningar för kapsel för använt kärnbränsle*. R-98-08. Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998

3.7 Maskinbearbetning av kopparröret

MABU/SKB Förslag

Efter utförd glödgning vidtar maskinbearbetning. All bearbetning utförs genom svarvning i en specialsvarv med hög kapacitet för invändig och utvändig bearbetning. Maskinen är utrustad med en specialhom och långt prisma för långhålsbearbetning. Maskinen kan vara utrustad med matning direkt på bommen. Den kan förslagsvis vara utrustad med två tvärsliider och ett system för verktygsväxling. Som första moment utförs en centrerad ytteryta för inspänning vid chuckänden och därefter svarvas två lägen för stödlager medan andra änden centreras mot dubben med hjälp av en centreringsjigg. Maskinen förses med speciella chuckbackar, som håller ifrån arbetsstycket axiellt, vilket underlättar den invändiga genomborrningen. In- och utvändig bearbetning utförs samtidigt i maskinen och oberoende av varandra. Även bearbetning av ändplanen utförs i samma maskin. I maskinen finns även tidsutrymme för utvändig rensvarvning efter utförd EB-svetsning av botten, vilket utförs i separat operation.

Maskinen betjänas av en person och bearbetningen beräknas ta 8 timmar inklusive uppriggning. Skärhastigheten i koppar är beräknad till 200m/min. Maskinen skall vara utrustad med hanteringsmanipulator för arbetsstycket. Verktygsservice utförs av verkstaden för verktygsunderhåll.

Maskinkostnad; 17,5 MSEK

Hanteringsmanipulator; 0,5 MSEK

Personalbehov; 1 person

HPH Machine AB föreslår en maskinutrustning t ex fabrikat POREBA som utför ut- och invändig svarvning samt ändbearbetning i samma maskin. Med utvändig rulldocka placerad vid rörändarna kan in- och utvändig svarvning utföras samtidigt. Ändbearbetning och längdjustering utförs med invändig chuckinfästning. Samtliga bearbetningsmoment utförs inom 8 timmar. Budgetpris; 15-20 MSEK.

IVF:s kommentar

Valet av maskin kan vara rimligt för den beskrivna svarvningen. En bättre beskrivning av maskinutförande och -funktion med skisser / ritningar eller dylikt efterfrågas dock för detta fall, med samtidig invändig och utvändig svarvning av ett 5 m långt rör. Den beskrivning som ges i rapporten angående bearbetningsprocessen är ej komplett, bland annat saknas ett antal moment för att det teoretiskt ska kunna fungera. Att bearbeta utvändigt och invändigt samtidigt vid svarvning av kopparröret kan dock ifrågasättas. Visserligen sparas tid men det ger inte optimala skärförhållanden för båda fallen. Olika periferihastighet ger olika skärförhållanden, vilket eventuellt inte är acceptabelt. Den angivna skärhastigheten för koppar bedöms även som hög. Detta baseras på konsultationer med bearbetningsexperter på Kockums.

Principiellt kan konstateras att man betalar mycket för en flexibel utrustning, vilken kommer att användas för en process som är "extremt stel". Frågan är om detta kan motiveras, både tekniskt och ekonomiskt. IVF föreslår därför att bearbetningen av kopparröret utvärderas ytterligare. Bland annat bör alternativet att dela upp bearbetningen i två stationer utredas. Invändig bearbetning i en enkel utrustning för arborning, samt efterföljande svarvning i en standardmaskin, är en tänkbar metod.

Nödvändig kringutrustning till maskinerna, och hur arbetsstycket ska hanteras vid respektive station, måste specificeras noggrannare.

Bemannning med en fast operatör kan även här ifrågasätts, då bearbetningstiden överstiger flera timmar. Ett alternativ skulle som tidigare nämnts kunna vara att låta en grupp operatörer ansvara för ett flertal maskiner. Då flera operatörer kan hjälpas åt förenklas dessutom t ex hanteringen av de stora detaljerna.

För att säkerställa en säker drift bör operatörerna själva handha en stor del av servicen av maskinerna, för att bl a få en god maskinkännedom. Syftet är att de själva ska kunna avhjälpa fel som uppstår utan att behöva kalla på servicepersonal. Detta är en metod som de flesta verkstäder använder idag för att undvika onödiga väntetider.

3.8 Dimensionskontroll

MABU/SKB Förslag

Invändig uppmätning av den bearbetade kopparcylindern föreslås ske med interferenslaser där reflektorn är monterad på en vagn som får rulla i cylindern resp. på cylindern. Därmed bör rakhet på den långa sträckan kunna mätas med en tolerans inom 0,8 mm. Det krävs dock att mätutrustningen kan mäta med en noggrannhet bättre än 0,1 mm.

Andra förslag kan vara att använda skel-vattenpass eller en min-tolk i form av ett långt rör. Max-värden kan eventuellt mätas med klockor monterade på invändiga bommen i svarven.

En osäkerhet kan noteras hos det konsulterade mätföretaget huruvida denna mätning kan uppfyllas. Det kan därför vara nödvändigt med vidare studier och provmätningar innan slutlig ställning tas i hur mätningen av den invändiga rakheten, diametern och rundheten skall utföras.

*Utrustningskostnad; ca 1,25 MSEK
Personalbehov; 0,5 personer*

<i>JABI Verkstadsteknik/Mikromess AB föreslår (preliminärt) guidad lasermätning Prisidé; 1-1,5 MSEK</i>

IVF:s kommentar

En helt riktig bedömning är att, som det står i SKB rapporten, dimensionskontrollen bör undersökas vidare för att säkerställa bra resultat. Att använda sig av en min tolk i form av ett långt rör kan vara en ganska osäker och otymplig metod. En sådan tolk kommer troligtvis också vara relativt känslig för värme, vilket gör den mycket svåränvänd i miljön som kommer vara i verkstaden.

Principiellt bör man sträva efter en lösning med låg flexibilitet hos den valda mätutrustningen. Detta eftersom detaljen som mäts är oföränderlig, och flexibilitet nästan alltid existerar på bekostnad av stabilitet.

Arbetsuppgiften att mäta kopparcylindrar bör kunna utföras av samma personal som bemannar berörda verktygsmaskiner. Detta eftersom dessa kan gå obemannat långa perioder. Medan svarvning sker kan t ex ett tidigare bearbetat kopparrör mätas.

3.9 EB-svetsning av botten

MABU/SKB Förslag

Elektronstrålesvetsning av botten till kopparrören sker i en likadan EB-svetsutrustning, som den som är avsedd för längssvetsning. Här matas kapseln runt under svetsningen. Genom den dubbla matningsfunktionen utgör den också reservutrustning för längssvetsningen, såväl som att längssvetsutrustningen utgör reservutrustning för bottensvetsningen.

Förfarandet med dubblering av utrustningar har förordats trots den höga kostnaden.

Utrustningskostnad; 40 MSEK

Personalbehov; 1 person

IVF:s kommentar

Se IVF:s kommentarer under kapitel 3.4

3.10 Ultraljudskontroll av bottensvets

MABU/SKB Förslag

EB-svetsning av botten kontrolleras med ultraljud. En automatiskt styrd utrustning av söker bottensvetsen. Testet utförs under vatten eller under vattenbegjutning. När det finns behov av ytbearbetning av svetsen skall även verktyg för detta finnas.

Utrustningskostnaden har uppskattats i jämförelse med utrustningen som inköpts för kapsellaboratoriet.

OFP-kontrollen utförs av laboratoriets personal.

Utrustningskostnad; 3,25 MSEK

IVF:s kommentar

Se IVF:s kommentarer under kapitel 3.6

3.11 Röntgen av längssvets och bottensvets

MABU/SKB Förslag

Röntgen av längssvets och rundsvets utförs i separata operationer, men i samma station. Tekniken är digital. Röntgenutrustningen beräknas i jämförelse med utrustning inköpt för kapsellaboratoriet kosta 16 MSEK. Därtill kommer utrustningskostnader för längdmatning av strålkälla och detektor samt rundmatning av kapsel ca 1,25 MSEK.

Strålskyddet utförs som 1,7 m tjocka betongväggar, tak och dörr, enl. preliminär utformning till en kostnad av 2000 kr/m² eller totalt ca 300 kkr. Kostnaden är uppskattad utifrån försöksanläggningen vid kapsellabbet. Röntgenundersökningen utförs av laboratoriets personal.

Utrustningskostnad; Röntgen; 17,25 MSEK, strålskydd; 0,3 MSEK

IVF:s kommentar

Se IVF:s kommentarer under kapitel 3.6

3.12 Lock- och bottenbearbetning

MABU/SKB Förslag

Ämnen till lock och botten levereras som smidda kopparämnen. Dessa svarvas till färdiga mått i programstyrd maskin. De två locken har snarlik utformning och bearbetas i en automatiserad svarv, som betjänas av en operatör. Maskinen bör vara försedd med verktygsrevolver för verktygsbyten. Tidsåtgången är beräknad till ca 3 timmar per enhet.

Utrustningskostnad; 2,2 MSEK

Personalbehov; 1 person

*HPH Machine AB föreslår plansvarv fabrikat SEIGER typ Rekord CD
Budgetpris; 2,2 MSEK*

IVF:s kommentar

Valet av maskiner är rimligt för de beskrivna svarvoperationerna. Bearbetningen bedöms som relativt enkel, och ger knappast upphov till större problem.

Förslaget beskriver maskinerna som programstyrda. Dock nämns inte hur programmering av svarvarna ska ske. Detta kan ske på två sätt, antingen med hjälp av CAM-system eller direkt i styrsystemet med hjälp av inkluderade stödfunktioner (finns inte i alla maskiner idag). Hur NC-program för respektive detalj tas fram bör utredas. Till stor del är det ett engångsjobb, då tillverkningen är oförändrad.

3.13 Dimensionskontroll

MABU/SKB Förslag

Dimensionskontroll av lock och botten utförs med mätmaskin. Enheten placeras i fukt- och temperaturstabiliserat rum inne i bearbetningshallen.

Utrustningskostnad; 1,2 MSEK

Personalbehov; 0,5 personer

*JIBA Verkstadsteknik/Mikromess AB föreslår en DEA Scirocco 151310, med programvara Tudor.
Budgetpris; 1,2 MSEK*

IVF:s kommentar

Förslaget verkar vara avancerat om man relaterar det till dimensionskontroller som förslagits för de övriga detaljer. Man bör utreda vidare om en så flexibel mätutrustning behövs för en så pass enkel, och oföränderlig mätuppgift.

Att använda en halv person för denna mätning och en för svarvningen verkar även i detta fall vara onödigt. Detta är, liksom svarvning och mätning av kopparröret, två operationer som borde kunna skötas parallellt av en operatör.

3.14 Tvättning av kopparkapsel

MABU/SKB Förslag

Inför montering av kapsel sker rengöring av koppardelarna. Rengöringen sker i en automatiserad högtryckstvättsanläggning som avslutas med renblåsning och torkning. Insatsen beräknas inte kräva separat tvättning eftersom den bearbetas utan skärvätska. Anläggningen kräver 20-25 m³ i tankvolym för avloppsrening, vilket utförs som ordinära tankar. Komponenten som skall tvättas skall rotera omkring systemet av dysor.

Utrustningskostnad; 0,5 MSEK

Personalbehov; 0,5 personer

Linsab AB föreslår en högtryckstvätt för tvättkemikalier, rensköljning och renblåsning/torkning, där kopparbehållaren skall rotera under tvättningen. Budgetpris; 320 KSEK exkl. montering och rotationsbord.

IVF:s kommentar

Föreslagen tvättoperation, och kostnaden för denna, bedöms vara relevant. Operationen bör inte innebära några svårigheter.

Det kan dock ifrågasättas i detta sammanhang om gjutjärnsinsatsen som ska placeras i kopparröret kan uteslutas från tvättning. Att inte använda skärvätska är ingen garanti för att arbetsstycket är rent efter bearbetning. Både spånrester och/eller smörjöljpartiklar och damm kan mycket väl finnas på insatsen efter bearbetning.

3.15 Slutkontroll, montering och förpackning

MABU/SKB Förslag

Det sista momentet i kapseltillverkningen utgörs av isättning av insatsen i kopparröret. För monteringen tillverkas en speciell och noggrant styrd jigg samt ett antal transportvagnar. Den färdiga kapseln placeras efter montering i en transportvagn. Kapseln är därmed klar att tillsammans med kopparlock och det insatslock som tillhör insatsen levereras till lagret för använt kärnbränsle för att fyllas med bränslestavknippen.

Utrustningskostnader; 1,0 MSEK

Personalbehov; 0,5 personer

IVF:s kommentar

Med tillgängligt underlag är det svårt att bedöma om angiven metod, och specificerade kostnader, kommer att fungera. IVF föreslår en tydligare beskrivning och utvärdering av vald metod. Gissningsvis kan den angivna kostnaden visa sig något låg, då både konstruktionsarbete och tillverkning ska rymmas i priset.

3.16 Lager för färdiga kapslar

MABU/SKB Förslag

Färdigmonterade kapslar lagras rumstempererat i ett ca 400 m² stort lager för leveransfärdiga kapslar. Lagret är utrustat med en truck (20 ton) som även betjänar andra lokaler med trucktjänster.

Utrustningskostnader; 0,7 MSEK

Personalbehov; 1 person (truckförare)

IVF:s kommentar

Föreslagen funktion bedöms vara lämplig. Dock kan en tjänst som truckförare vara svår att fylla med arbetsinnehåll. Det kan visa sig bättre att utbilda ett antal operatörer för körning av truck. Dessa kan då utföra transporttjänster vid behov.

4 Processteg för insats och stållock

4.1 Godsmottagning för insats och insatslock

MABU/SKB Förslag

Till godsmottagningen levereras rensade insatser i segjärn. Lagrets yta är 600 m² och utnyttjas förutom för gjutna insatser även som lager för stålplåt avsedd för insatslock. Endast enklare uppläggningsanordningar direkt på golvet erfordras. Nödvändig truck med förare delas med varmlagret för färdiga kapslar.

IVF:s kommentar

Föreslagen funktion bedöms vara ändamålsenlig. (se även 3.16)

4.2 Utvändig svarvning

MABU/SKB Förslag

Insatserna svarvas rena och till angiven måttolerans för att passa i kopparröret. Även de båda ändplanen bearbetas och längdjusteras. Avverkningsdjupet är beräknat till 20-25 mm radiellt på insatsen.

Utrustningskostnad; 1,5 MSEK

Personalbehov; 1 person

*HPH Machine AB föreslår supportsvarv av fabrikat POREBA typ TCG eller TCF
160 x 6000, effekt; 75 kW
Budgetpris; 1,5 MSEK*

IVF:s kommentar

Valet av maskiner är rimligt för de beskrivna svarvoperationerna. Bearbetningen bedöms som relativt enkel, och ger knappast upphov till större problem. Dock nämns inte hur programmering av svarvarna ska ske. Hur NC-programmen tas fram bör utredas. Till stor del är det ett engångsjobb, då tillverkningen är oförändrad.

Principiellt kan man även utreda om gjuteriet som gjuter insatserna även kan bearbeta dem till färdigt mått. Detta skulle ytterligare förenkla tillverkningsapparaten. Å andra sidan minskar kontrollen av tillverkningsprocessen något.

4.3 Svarvning av insatslock

MABU/SKB Förslag

Insatslocken tillverkas av valsad stålplåt. Ämnen för svarvning upphandlas färdigskurna i rund form. Den efterföljande svarvningen utförs i automatiserad svarv.

Utrustningskostnad; 2,2 MSEK

Personalbehov; 1 person

*HPH Machine AB föreslår plansvarv fabrikat SEIGER typ Rekord CD
Budgetpris; 2,2 MSEK*

IVF:s kommentar

Se kommentarer för svarvning av lock och bottenbearbetning i kapitel 3.12

4.4 Blästring av insatsernas kanaler

MABU/SKB Förslag

Efter utförd svarvning av varje insats sker renblästring av samtliga hålrum avsedda för bränslestavknippen i insatserna. Blästringen föreslås utföras underifrån i stående position. En blästerlans utför automatiserad blästring av en kanal i taget. Insatsen roteras med ett indexeringsbord.

Den vertikala positioneringen kräver ca 6 m fritt utrymme för lansens rörelse under blästringspositionen. För bästa ljuddämpning kan detta åstadkommas med en grop i golvet. Utrustningen kräver god tryckluftskapacitet.

Utrustningskostnad; 2,0 MSEK

Personalbehov; 0,5 personer

*Schick Bläster & Slungrensmaskiner föreslår en utrustning för blästring i stående position, motordrivet indexeringsbord med horisontal åkning av godset från en pålastningsplats till blästringsposition och en roterande lans med specialdysa för blästring av en kanal i taget med cirkulationsenhet för återvinning av blästermedel. Utrustningen kräver tryckluft; 6 bar och 8 m³/minut.
Budgetpris; 450 000 DEM (2,0 MSEK)*

IVF:s kommentar

IVF förslår att blästringsprocessen utvärderas ytterligare. Dels verkar de resultat som hittills nåtts vara osäkra, dels bedöms är den valda utrustningen vara både komplex och oprövad.

Man bör även se om modifiering av gjutprocessen kan minska problemen med fastbränd sand. En modifierad gjutprocess skulle kunna förenkla blästringsproblematiken avsevärt, alternativt kunna flytta den till gjuteriet. Möjligheten att köpa insatserna i färdigbearbetat skick bör även utvärderas (*se även 4.2*).

4.5 Dimensionskontroll av insats och stållock

MABU/SKB Förslag

Dimensionskontroll av insats och stållock utförs i separat mätmaskin, vilken kan placeras i öppen verkstadshall. Uppläggningsfixtur för insatsen kan vara i form av två V-block.

Utrustningskostnad; 1,45 MSEK

Personalbehov; 0,5 personer

JABI Verkstadsteknik / Mikromess AB föreslår en DEA Vento R 601420 med programvara Tudor.

Budgetpris; 1,45 MSEK (inkl. V-block)

IVF:s kommentar

Förslagen metod verkar vara överdrivet noggrann om man endast planerar att mäta vissa dimensioner, såsom diametrar etc. Om även olika typer av formavvikelse ska mätas kan detta motivera användningen av en mätmaskin. En enklare lösning, med specialanpassade mätverktyg, bör utredas om endast den först nämnda typen av mätbehov föreligger.

Att använda en halv person för denna mätning och en för svarvningen verkar även i detta fall vara onödigt. Detta är, liksom tidigare, en operation som troligtvis kan skötas parallellt av maskinoperatörer.

5 Beskrivning av övriga lokaler i fabriken

5.1 Kontor och personalutrymmen

Se kap. 5.4

5.2 Laboratorium

MABU:s förslag:

Laboratoriet utrustas för enklare metallografiska undersökningar samt mikroskopering och hårdhetsmätning. Det utgör även resurs för mottagningskontroll och OFP.

Utrustningskostnad; ca 600 kSEK

Antal pers. att hänföra till laboratoriet (inkl. kvalitets- och OFP-ansvariga); 7

IVF:s kommentar

Angivna kostnader och bemanning bedöms som tillräckliga. Utan en mera detaljerad beskrivning av arbetsuppgifterna och dess omfattning är det svårt att bedöma en eventuell rationaliseringspotential.

5.3 Verkstad för verktygsunderhåll

MABU:s förslag:

Verkstad för verktygsunderhåll, förrigging av verktyg till CNC-maskiner samt för probbearbetning. Lokalen är utrustad med allmänna verkstadsmaskiner.

Utrustningskostnad; 5 MSEK

Antal personer att hänföra till verkstaden; 3

På förslag av maskinleverantören HPH Machine AB bör kostnaden för verktyg till verktygsmaskinerna beräknas till 10% av investeringarna. Verktygsmaskinerna i pkt 2, 3, 7, 12, 22, 23, och 33 utgör sammanlagt 46,9 MSEK, varför verktyg till dessa beräknas till 4,7 MSEK.

Utrustningskostnad för verktyg; 5 MSEK

IVF:s kommentar

Sannolikheten bedöms som stor att ovan angivna kostnader är för låga. Framför allt förbrukningen av skärande verktyg kan generera avsevärda kostnader, vilket bör utredas ytterligare. De angivna kostnaderna för verktyg tolkar granskaren som en engångskostnad för verktygshållare mm.

Beskrivningen bör även kompletteras med noggrannare uppdelning av vilka arbetsuppgifter som ska handhas av verkstaden. Då kan även en bättre lista på vilka typer av maskiner som behövs för att lösa dessa uppgifter skapas, vilket i nuläget är oklart. (*Rekommenderat innehåll är bl a maskiner för tillverkning av fixturer, skärpning av verktyg och kontrollmätning av verktyg.*)

5.4 Fabriksbyggnad

Granskning av SKB PM TI-00-03, avsnitt 5 Fabriksbyggnad

Bedömningen nedan är genomförd av ing Lennart Green för SKI:s räkning

5.4.1 Mark och planering

Kostnaderna för mark och planering (inklusive extern va, avlopp och el-anslutningar) är inte upptagna i MABU:s kalkyl, vilket kan uppskattas till en kostnad av ca 16 MSEK, baserat på ca 20 000 m² á 800 kr/m².

Erforderlig area är beräknad utifrån en vändplan för trailer och parkeringsytor för fordon.

5.4.2. Byggnad och installationer

Målningsarbeten finns inte inräknade i MABU:s rapport. För målning av industrigolv tillkommer ca 1,5 MSEK.

Oförutsett och entreprenadkostnadspåslag bör ingå i kalkylen (15% på byggkostnaderna), ger en ökning med ca 9 MSEK.

Konsultarvode beräknas uppgå till 10% på kostnaden, ger en ökning med ca 7 MSEK.

Byggherrekostnader beräknas likaså uppgå till 10% av kostnaden, dvs ger en ökning med ca 7 MSEK.

5.4.3 Totalt byggnad och planering

Den totala kostnadsökningen utifrån MABU:s kalkyl skulle kunna komma att uppgå till ytterligare ca 40,5 MSEK.

Istället för framlagda 73,2 MSEK i MABU:s kalkyl kan fabriksbyggnaden enligt SKI:s bedömning komma att kosta ca 114 MSEK.

SKI:s beräkning stämmer också bättre överens med jämförbara byggnader av samma karaktär uttryckt i kr/m² och där MABU:s kostnad ger ett kostnad på ca 12 600 kr/m² medan SKI:s kalkyl skulle ge en kostnad på 19 600 kr/m².

SKI har också uppmärksammat att å priset på stålstomme sandwich-konstruktion är något lägre i MABU-rapporten TI-00-03 i jämförelse med rapporten TI-99-01 som föregick den nu granskade rapporten.

5.4.4 Driftskostnader

I MABU:s kalkyl är upptagen en person för fastighetsunderhåll, vilket kan anses vara lämpligt under förutsättning av ersättare finns tillgänglig. Vidare räknar MABU med driftskostnader uppgående till ca 2,0 MSEK per år, vilket i sammanhanget också kan anses vara tillräckligt.

En fråga som uppkommer är om kostnaderna för eventuella miljökrav har inräknats i kalkylen. Vilka krav kan en kommun komma att ställa på en fabriksanläggning av dylikt slag med tanke på utsläpp m m? Har en dylik utredning genomförts av SKB?

6. Personal och personalkostnader

Den personalstyrka som anges bedöms som tillräcklig för aktuella tillverkningsuppgifter. Utgående från de översiktliga beskrivningar som presenteras, bedöms funktionssättet för aktuell tillverkningsenhet som fungerande.

IVF rekommenderar dock att man gör ytterligare studier av arbetssätt och organisation. Exempel är möjligheten att organisera arbetet på ett sätt som gör att enskilda individer klarar många arbetsuppgifter. Detta i synnerhet eftersom många arbetsmoment endast täcker en del av hela tjänster. En mera "arbetslags-baserad" organisation kan t ex visa sig fungera bra.

Utöver eventuella kostnadsbesparingar kan ovanstående förslag även ge mer stimulerande arbeten, samt bättre fördelning av kompetens mellan olika individer i personalen.

Vad gäller de kostnader som anges för personalen bedöms specificerade nivåer som rimliga. Detta med reservation för att det underlag som granskaren haft tillgång till varit i relativt översiktlig form.

7. Metallförbrukning och metallkostnader

De beräkningar över kostnader för material (koppar och segjärn) som beskrivs under kapitel 6 i TI-99-01 A bedöms som relevanta. Granskaren har inte funnit några faktorer som antyder att större avvikelser från angivna kostnader skulle uppträda. Detta givetvis med reservation för oförutsedda prisförändringar, vilket för övrigt också SKB:s rapport betonar.

8. Maskin- och utrustningsinvesteringar

De kostnader för maskiner och annan utrustning som redovisas under kapitel 7 i TI-99-03 A bedöms vara rimliga. Överlag rekommenderas dock en noggrannare värdering av flera maskinalternativ innan de slutliga investeringarna sker, något som granskaren utgår ifrån (se kap 1.1)

Några av maskin- och utrustningsvalen bör utredas vidare, vilket beskrivits under respektive metodbeskrivning. I de flesta fall innebär dessa utvärderingar att investeringskostnaderna kan reduceras något.

Kostnader för bland annat installation, fundamentering, igångkörning och utbildning bedöms överlag som lågt tilltagna. Granskaren bedömer att kostnaden för dessa aktiviteter kommer att bli högre än vad som hittills angivits.

Totalt sett är det rimligt att anta att investeringskostnaden för maskiner och andra utrustningar hamnar relativt nära den specificerade. Ovanstående två anmärkningar kan till viss del nämligen antas "ta ut" varandra.

9. Kostnadssammanställning

Den kostnadssammanställning som redovisas under kapitel 8 i TI-99-03 A bedöms som rimlig. Överlag är angivna kostnader för material, utrustning och tjänster sannolika. Det finns dock ett antal punkter där kompletteringar, eller mindre korrigeringar, rekommenderas:

Den angivna räntan i kalkyler för bl a maskininvesteringar verkar låg, förutsatt att man räknar på ett traditionellt sätt för investeringar i företag. I angivna kalkyler ingår uppenbarligen enbart ränta för upplåning av kapital. Kostnader för bl a återinvesteringar, inflation och vinstskatt bör även tas hänsyn till när räntenivån sätts. Gissningsvis kan i så fall en kalkylränta på mellan 7-10 procent vara användbar. *(en noggrannare redovisning av hur tillverkningen kommer att drivas finansiellt sett krävs för en exaktare siffra)*

Räntekostnader för råvaru- och färdiglager saknas i den angivna kostnadssammanställningen. En försiktig uppskattning indikerar att räntekostnaden för råvaru- och färdiglager kan uppgå till miljonbelopp (*vid t ex tio gångers lageromsättning per år och 5% ränta*).

Kostnader för verktyg och annat förbrukningsmaterial är lågt tilltagna. Sannolikheten är stor att kostnaderna för dessa inte är försumbara. Bland annat ger förbrukningen av verktyg sannolikt upphov till en avsevärd kostnadspost.

Ovanstående poster kommer sannolikt att höja kostnaden något för tillverkningen av respektive kapsel. Jämfört med framför allt materialkostnaden bedöms dock dessa ökningsar vara relativt små.

10. Miljöaspekter

Överlag bedöms verksamheten ha relativt liten miljöpåverkan. I och med att bearbetat material till största del återanvänds (*framför allt koppar*) skapas också ett bra resursutnyttjande. Det som bedöms ställa störst krav på miljöhänsyn är hantering av skärvätskor, som kan ge upphov till en del kostnader.

Även eventuella kostnader för hanteringen av rester från tvättning av kopparkomponenter bör redovisas tydligare.

10.1 Skärvätska

Utnyttjande av separata verkstäder för bearbetning av koppar- och gjutgods förenklar hanteringen av spån och skärvätska. Skärvätska är viktigt dels för kylning dels för bortförel av spånor. Det bör därför beaktas om varje maskin behöver egna system för skärvätska eller om det kan vara ett system för alla maskiner i verkstaden som bearbetar koppar. (*Enligt SKB rapporten ska det inte användas skärvätska vid bearbetning av gjutgodsen.*) Kostnader för skärvätskesystem, samt dess hantering saknas i rapporten. Dessa kan dock uppgå till ett antal hundra tusen kronor, och bör således utredas vidare.

10.2 Transporter

I aktuella förslag ingår relativt mycket transporter av tunga och skrymmande detaljer (*speciellt i det fall där extruderade kopparrör utnyttjas*). Med tanke på hela projektets "miljöprofil" vore det kanske intressant att studera hur dessa transporter kan minimeras. Egen tillverkning av de extruderade kopparrören skulle t ex drastiskt reducera transportbehoven, och ge en klar miljövinst.

11. Extrudering, som ersättning till valsning och svetsning av rörhalvor (SKB TI-00-03).

I detta avsnitt granskas metoden att använda extruderade kopparrör, istället för att utgå från kopparplåt som rullformas och svetsas till rör. Granskningen behandlar SKB:s förslag till lösning enligt rapport SKB TI-00-03.

I allmänhet är de beskrivningar av valda processer och utrustningar i TI-00-03 identiska med de som angivits i rapport TI-99-01 A. IVF har därför, i samråd med SKI, valt att inte återupprepa granskningen av varje delmoment i denna del. Läsaren uppmanas i stället att studera aktuella moment i föregående kapitel.

11.1 Allmän bedömning av förslag enligt TI-00-03

I stort sett bedöms föreslaget vara ett effektivare alternativ än det som redovisas i SKB-rapport TI-99-01 A. Detta baseras på att tillverkningen blir enklare att genomföra, speciellt med avseende på framställningen av kopparcylindrar. Det mindre behovet av svetsning kan också positivt påverka möjligheten att tillverka enligt gjorda krav.

I nuläget anges ett något högre pris per kapsel än i förslaget enligt TI-99-01 A. Detta kan dock sannolikt motiveras med en säkrare tillverkning, vilket bland annat sänker kassationsgraden. Dessutom är det rimligt att anta att kostnaden för extrudering kan minska om konkurrensen skärps, t ex med flera leverantörer. Eftersom processen också är relativt ny bör man även kunna nå ett högre materialutnyttjande, vilket också skulle kunna sänka kostnaden för råmaterial.

Förutsättningen för hela upplägget är att man kan etablera en kvalitetssäkrad och pålitlig försörjning av extruderade kopparrör. IVF föreslår därför att man utvärderar möjligheten att integrera tillverkningen av extruderade kopparrör i aktuell fabrik. Detta skulle kunna ge flera positiva effekter:

- ❑ En bättre kontroll av tillverkningsprocessen, och högre kompetens angående densamma
- ❑ Mindre beroende av en eller ett fåtal leverantörer, vilket på sikt kan vara riskabelt.
- ❑ Klart minskande transportbehov av tungt gods, vilket ger en positiv miljöpåverkan.
- ❑ Möjlighet att leverera råämnen till andra länders kapseltillverkning (*Finland m fl?*).

Tilläggas bör givetvis att ovanstående resonemang förutsätter att praktiska och ekonomiska förutsättningar existerar, för att genomföra detta.

11.1.2 Teknisk lösning

Det kan konstateras att många tillverkningssteg är desamma som beskrivits för rapport TI-99-01 A. Omdömena för dessa steg är följaktligen desamma. Vissa steg har dock

fallit bort, vilket klart förenklar tillverkningsprocessen. Speciellt gäller detta ett klart minskat behov av svetsning.

Överlag bedöms föreslagna metoder och teknik i princip kunna fungera enligt specificerade arbetssätt. Även i detta fall är separata verkstäder för bearbetning av koppar och gjutgods effektivt.

- ❑ Man bör försäkra sig om en pålitlig leverans av råämnen i form av extruderade kopparrör. Detta med avseende framför allt på kopparrörens raket. De efterföljande operationernas utfall beror till stor del på rörens ursprungliga egenskaper.
- ❑ Valen av de beskrivna maskintyperna för skärande bearbetning är rimliga. Många av de processer som utnyttjas för skärande bearbetning av komponenter är väl utprovade och bedöms inte ge upphov till större problem. Den in- och utvändiga bearbetningen av kopparcylindern, är dock inte helt klarlagd (*se kap 3.7*), varför en vidare utredning föreslås. Kringutrustning för de olika bearbetningsprocesserna, och kostnad för denna är vidare relativt bristfälligt specificerade. Detta gäller även kostnader för att fundamenta och installera vissa maskinutrustningar.
- ❑ Mätning och kontroll av maskinbearbetade detaljer bedöms kunna utföras av enklare och billigare teknik än den som föreslagits. Detta baseras på de låga kraven på flexibilitet som gäller för aktuell tillverkning.
- ❑ Den föreslagna lösningen för att blåstra insatsens håligheter bör utvärderas ytterligare, alternativt omprövas. Man bör i detta fall gå tillbaka till själva gjutprocessen för att minimera blåstringsbehovet.
- ❑ Föreslagen svetsprocess kan sannolikt fungera. Betonas bör dock att elektronstrålesvetsningen (EB-svetsning) ännu inte så beprövad att svetsproceduren kan sägas vara "kvalitetssäkrad". Sannolikheten bedöms dock vara stor att ett lyckat resultat kan uppnås inom några år. Man bör dock även studera de alternativa metoder som finns/kommer att finnas. Det finns i huvudsak två sådana alternativa svetsmetoder, Friction Stir Welding (FSW) resp. lasersvetsning, vilka båda kan bli tänkbara alternativ till elektronstrålesvetsning att beakta. IVF gör bedömningen att projektets tidshorisont innebär att lasersvetsning inte bör avskrivas helt, även om metoden idag är klart otillräcklig.
- ❑ Valen av kontrollmetoder för svetsning är relevanta. Att använda både ultraljud och röntgen är sannolikt bra, dock är inte metodiken ännu färdigutvecklad för denna applikation. Sannolikt är dock metoderna de bästa tillgängliga.
- ❑ Det bör undersökas om värmebehandling verkligen helt kan undvikas. En noggrann utvärdering av hur materialet reagerar efter svetsoperationer bör bland annat göras.

11.1.3 Föreslagen lösning för drift av anläggningen

Det kan konstateras att användningen av extruderade kopparrör som råämnen drastiskt förenklar tillverkningen. Utgående från de relativt översiktliga beskrivningar som presenteras, bedöms föreslaget funktionssätt för aktuell tillverkningsenhet som relevant. Dock föreslås även för detta, något förenklade, tillverkningssystem en djupare utvärdering och specificering av verkstadens funktions- och arbetssätt. Några faktorer som speciellt bör beaktas är:

- ❑ Möjligheten att organisera arbetet på ett sätt som gör att enskilda individer klarar många arbetsuppgifter. Detta eftersom många arbetsmoment endast täcker en del av hela tjänster. En mera ”arbetslags-baserad” organisation kan fungera bra.
- ❑ Hur tillverkningen optimeras. Bland annat bör flödessimuleringar genomföras för att studera effekten av alternativa sätt att planera och genomföra tillverkningen.

11.1.4 Ekonomisk redovisning av den föreslagna lösningen

Överlag är angivna kostnader för material, utrustning och tjänster mm rimliga. Det finns dock några punkter där kompletteringar, eller mindre korrigeringar, rekommenderas: (se även kap. 1.1 Antaganden)

- ❑ Den angivna räntan i kalkyler för bl a maskininvesteringar verkar något låg. I nuläget ingår uppenbarligen enbart ränta för upplåning av kapital. Kostnader för bl a återinvesteringar, inflation och vinstskatt bör även tas hänsyn till när räntenivån sätts. *(Dessa påståenden bygger på hur ett verkstadsföretag räknar, se kap 2.3)*
- ❑ Räntekostnader för råvaru- och färdiglager saknas. En försiktig uppskattning indikerar att dessa kostnader kan bli avsevärda, då t ex en viss mängd extruderade rör måste lagerhållas.
- ❑ Kostnader för verktyg och annat förbrukningsmaterial är mycket snålt tilltagna. Sannolikheten är stor att kostnaderna för dessa inte är försumbara.

Dessa kostnader utgör i sig relativt små andelar av den totala kostnadsbilden, där materialkostnaderna dominerar. De är dock inte försumbara i sammanhanget.

En ytterligare post där klarlägganden rekommenderas är även i detta fall hur man ser på maskinutrustningarnas tekniska livslängd, samt hur utbyte av dessa planeras, ur ekonomisk synpunkt.