

R-98-09

Provtillverkning av kopparkapslar med gjutna insatser

Lägesrapport augusti 1998

Claes-Göran Andersson

Svensk Kärnbränslehantering AB

Augusti 1998

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00

Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



R-98-09

**PROVTILLVERKNING AV
KOPPARKAPSLAR MED GJUTNA INSATSER**

LÄGESRAPPORT AUGUSTI 1998

Claes-Göran Andersson

Svensk Kärnbränslehantering AB

SAMMANFATTNING

Den aktuella konstruktionen av kapslar för djupförvar av använt kärnbränsle består av ett yttre korrosionsskyddande hölje av koppar i form av ett rör med lock och botten och en inre tryckbärande insats. Insatsen är konstruerad för att tillverkas som gjutgods och den innehåller kanaler i vilka bränsle-elementen skall placeras.

Under de senaste åren har ett antal tillverkningsprov av alla kapselkomponenter utförts i full skala. Syftet med detta är att finna och utveckla den bästa tillverkningstekniken och att skapa långsiktiga kontakter med de bästa leverantörerna av ämnesmaterial och teknik. Ett delmoment av detta är att utveckla och införa ett kvalitetssystem enligt ISO 9001 som skall täcka hela kedjan från materialleverantörer fram till och med leverans av färdiga kapslar.

Rapporten innehåller en beskrivning av kapselns konstruktion med aktuella ritningar och tillhörande tekniska specifikationer med bl a krav på material. Vidare beskrivs och kommenteras i text och med bilder de olika tillverkningsmetoder som varit aktuella.

För tillverkning av kopparrör är rullformning av valsad kopparplåt till rörhalvor och längssvetsning en metod som nu provats på relativt många rör och som troligen kan utvecklas till en fungerande produktionsmetod. De utförda försöken med sömlös rörtillverkning har emellertid visat så lovande resultat att den närmaste inriktningen på rörtillverkning blir fortsatt utprovning av extrudering och dornpressning. I samband med den fortsatta verksamheten kommer nya tillverkningsprov av rör med tunnare godstjocklek att genomföras, (30 mm i färdig kapsel).

Provtillverkning av gjutna insatser har resulterat i att segjärn valts som material i det fortsatta arbetet. En konstruktionsförbättring som ger en jämnare godsfordelning i insatserna har införts. Förändringen minskar riskerna för gjutdefekter i godset och är därför en kvalitetshöjande åtgärd. Fortsatta provgjutningar av insatser i segjärn för både BWR- och PWR-element kommer att göras under de närmaste åren.

I en framtida produktion kommer tomma kapslar att tillverkas i en speciell kapselfabrik och därifrån transporteras till inkapslingsanläggningen. En första utredning om utformningen av en sådan fabrik har gjorts.

Under resten av 1998 och 1999 kommer 8-9 kompletta kapslar att sättas samman för olika projekt vid Äspölaboratoriet. Detta kommer att komplettera erfarenheterna av hela tillverkningskedjan.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	1
2	KAPSELN - KONSTRUKTION OCH MATERIALVAL	3
2.1	ALLMÄN BESKRIVNING	3
2.2	KOPPARRÖR MED LOCK OCH BOTTEN	5
2.3	INSATS OCH LOCK TILL INSATS	5
3	TILLVERKNINGSTEKNIK - EN ÖVERSIKT	7
3.1	ALLMÄNT	7
3.2	AKTUELL TILLVERKNINGSTEKNIK FÖR KOPPARRÖR. RULLFORMNING, DORNPRESSNING OCH EXTRUDERING	8
3.2.1	Rullformning av rörhalvor och längssvetsning	8
3.2.2	Dornpressning av kopparrör	13
3.2.3	Extrudering av kopparrör	14
3.3	TILLVERKNING AV GJUTNA INSATSER	18
4	RESULTAT AV TILLVERKNINGSPROV	21
4.1	ALLMÄNT	21
4.2	TILLVERKNING AV KOPPARRÖR	22
4.2.1	Rullformning av valsad kopparplåt och längssvetsning	22
4.2.2	Sömlös rörtillverkning, dornpressning	25
4.2.3	Sömlös rörtillverkning, extrudering	27
4.3	TILLVERKNING AV LOCK OCH BOTTNAR I KOPPAR	29
4.4	SVETSNING AV BOTTEN PÅ KOPPARRÖR	30
4.5	TILLVERKNING AV GJUTNA INSATSER	33
4.5.1	Översikt	33
4.5.2	Insatser i stålgjutgods	33
4.5.3	Insatser i segjärn	35
4.5.4	Jämförelse mellan segjärn och stålgjutgods i insatser	40
4.5.5	Konstruktiv utveckling av BWR-insatser och utformning av PWR-insatser.	40
4.5.6	Sammansättning av kompletta kapslar	41
5	STUDIER AV ALTERNATIV TILLVERKNINGSTEKNIK OCH UTVECKLING AV TEKNIK	43
5.1	ALTERNATIVA METODER FÖR TILLVERKNING AV KOPPARRÖR, HET ISOSTATISK PRESSNING, SPRAY- FORMING OCH ELEKTRODEPONERING	43
5.1.1	Het Isostatisk Pressning, HIP	43
5.1.2	Sprayforming	44
5.1.3	Elektrodeponering	46
5.2	UTVECKLING AV STÅLLOCK TILL INSATSER	47
5.3	UTVECKLING AV SVETSTEKNIKEN, FRICTION STIR WELDING	48

6	KVALITETSSYSTEM FÖR KAPSELTILLVERKNING	50
6.1	ALLMÄNT	50
6.2	KVALITETSHANDBOKEN	50
7	FRAMTIDA PRODUKTION AV KAPSLAR - KAPSELFABRIK	51
8	FORTSATT ARBETE	53
9	REFERENSER	54

BILAGOR

- Bilaga 1: Kapsel med insats i segjärn för 12 BWR-element
- Bilaga 2: Utformning av insats i stålgiutgods för 12 BWR-element
- Bilaga 3: Modifierad utformning av insats i segjärn för 12 BWR-element
- Bilaga 4: Utformning av insats i segjärn för PWR-element
- Bilaga 5: Alternativ utformning av insatslock
- Bilaga 6: Innehåll i Kvalitetshandbok-Kapseltillverkning
- Bilaga 7: Förteckning över rutinbeskrivningar
- Bilaga 8: Rutin KT 0705 "Identification of Canister Components"
- Bilaga 9: Teknisk specifikation KTS 001 "Material for Copper Canisters"
- Bilaga 10: Teknisk specifikation KTS 011 "Nodular Cast Iron SS 0717 Insert"
- Bilaga 11: Teknisk specifikation KTS 021 "Steel Section Cassette"
- Bilaga 12: Planering av kapselfabrik

1 INLEDNING

Den aktuella konstruktionen av kapslar för djupförvar av använt kärnbränsle enligt KBS 3-metoden består av ett yttre hölje av koppar i form av ett rör med lock och botten och en inre tryckbärande komponent, insatsen. Denna är konstruerad för att tillverkas som gjutgods och den innehåller kanaler i vilka bränsleelementen skall placeras.

Under de senaste åren har ett antal tillverkningsprov i full skala av såväl kopparrör med lock och botten som gjutna insatser utförts, figur 1-1 och 1-2, och fortsatt tillverkning är planerad för de närmaste åren.

Syftet är flerfaldigt. Provtillverkning i full skala ger erfarenheter som medför möjligheter att testa olika tillverkningsmetoder för att finna och utveckla den lämpligaste tillverkningstekniken. Dessutom utförs samtidigt en kartläggning och bedömning av tillgängliga leverantörer för att knyta långsiktiga kontakter och finna de bästa leverantörerna av ämnesmaterial och teknik. Vidare utvecklas och införs det kvalitetssäkringssystem enligt ISO 9001 som skall täcka hela tillverkningskedjan från materialleverantörer fram till och med leverans av färdiga kapslar. Ett antal kompletta kapslar kommer att färdigställas under 1998 och 1999 för att användas i olika projekt vid Äspölaboratoriet som syftar till utprovning och demonstration av djupförvarstekniken.

I FUD-95, referens [1], finns en utförlig bakgrund till det aktuella tillverkningsprogrammet under åren 1996-1998 med beskrivning av kapselns konstruktiva utformning, motiv för materialval och kommentarer till alternativ tillverkningsteknik.

I en tidigare rapport [2] har resultat från inledande provtillverkning i huvudsak under 1995 redovisats. Kapselns konstruktion var då annorlunda. Den tryckbärande insatsen tillverkades inte som gjutgods utan var utformad som ett stålrör som tillverkades från valsad plåt eller genom extrusion. Kapselns diameter var också mindre än i dagens konstruktion.

Avsikten med föreliggande rapport är att redovisa resultaten från den fortsatta provtillverkning som utförts under 1996 och fram till augusti 1998. Rapporten är också ett underlag för det fortsatta programmet med vidareutveckling av kapseltekniken som beskrivs i FUD 98.



Figur 1-1. Provtillverkning av kapslar. Bilden visar en kopparkapsel med gjuten insats, ett lock i koppar samt några utställningsföremål.



Figur 1-2. Provtillverkning av kapslar. Bilden visar kopparrör ock insatser. Ett par av kopparrören har påsvetsad botten.

2 KAPSELN - KONSTRUKTION OCH MATERIALVAL

2.1 ALLMÄN BESKRIVNING

Det tillverknings- och utvecklingsprogram som redovisas i denna rapport har utgått ifrån beskrivningen i FUD 95, referens [1].

I en nyligen utgiven rapport, referens [3] har en detaljerad bakgrund till den i dag aktuella konstruktionen av kapseln med dimensioneringskriterier och motiv för materialval sammanställts.

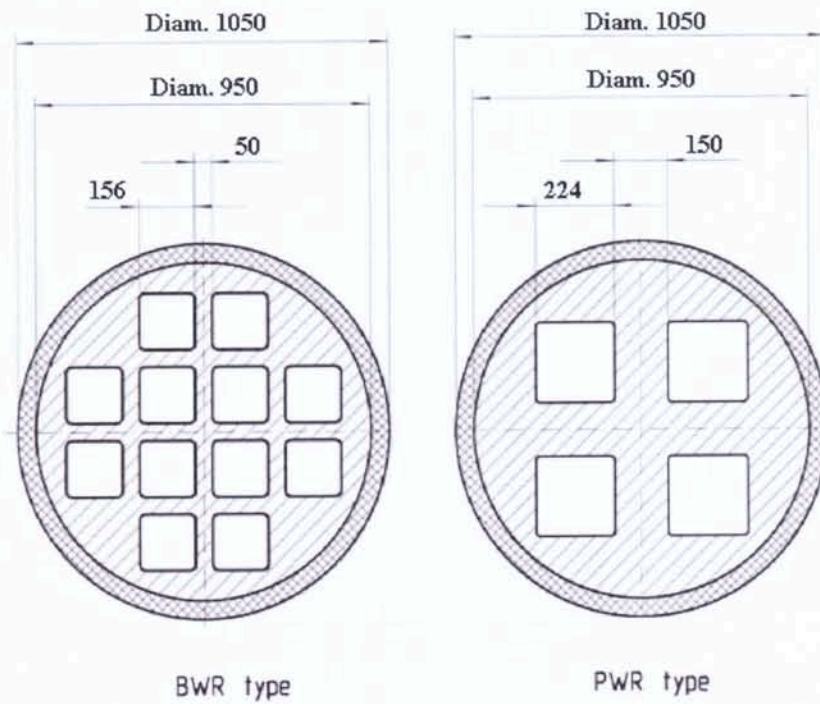
Figur 2-1 visar den principiella utformningen av kapseln. Den består av en yttre korrosionsbarriär av koppar i form av ett rör med lock och botten och en inre tryckbärande komponent, insatsen. Denna tillverkas som gjutgods och är försedd med kanaler i vilka bränsleelementen skall placeras. Ett stållock täcker kanalerna överst på insatsen. Kapseln skall kunna användas för både BWR- och PWR-bränsle från det svenska kärnkraftprogrammet. Insatsen i figur 2-1 är utformad med 12 kanaler för BWR-element.

I fallet med PWR-element är insatsen utformad för att innehålla 4 st element. I figur 2-2 visas de båda fallen med plats för 12 resp 4 element i tvärsnitt.

Diametern på kopparkapslarna är 1050 mm. Längden är satt till 4830 mm. Med 50 mm vägg tjocklek på kopparhöljet och en gjuten insats i segjärn blir vikten av hela kapseln utan bränsleelement med 12 kanaler ca 21400 kg och med 4 kanaler ca 24300 kg.



Figur 2-1. Kopparkapsel med gjuten insats med plats för 12 st BWR-element.



Figur 2-2. Tvärsnitt genom kapslar med plats för 12 BWR-element respektive 4 PWR-element.

För de olika tillverkningsprov som utförts har successivt ett system av olika detaljritningar producerats. Som exempel visas i bilaga 1 en komplett ritningsuppsättning för en kapsel med en insats i segjärn med 12 kanaler för BWR-element. Den kontinuerliga utvecklingen av ritningar och specifikationer sker inom ramen för kvalitetssystemet för kapseltillverkning. Detta beskrivs närmare i kapitel 6.

2.2 KOPPARRÖR MED LOCK OCH BOTTEN

Den aktuella tillverkningstekniken för kopparhöljet består idag endera av rullformning av kopparplåt till rörhalvor som sedan svetsas samman till rör med längsgående elektronstrålesvetsning (EB-svetsning) eller också av tillverkning av sömlösa rör genom t. ex. extrusion av koppargöt. Lock och botten i koppar maskinbearbetas fram ur förformade pressmida ämnen.

För de kopparkomponenter som tillverkas med någon av dessa metoder har en teknisk specifikation, KTS 001, med aktuella materialkrav sammanställts, se bilaga 9. Kortfattat kan den speciella kopparkvalitet som specificeras beskrivas som ren syrefri koppar med en tillsats av ca 50 ppm fosfor. Materialet har, vilket framgår av KTS 001, ingen exakt motsvarighet i svensk eller internationell standard. En hög grad av renhet från föroreningsämnen är gynnsamt ur korrosionssynpunkt. Tillsatsen av fosfor har vid krypprovning visat sig vara gynnsam för krypduktiliteten. Kopparhöljet måste klara en viss liten deformation eftersom det av tillverkningstekniska skäl är nödvändigt med en viss spalt på någon millimeter mellan insats och kopparrör. Vid belastning i djupförvaret kommer kopparhöljet med tiden att deformeras mot insatsen. Ett mer detaljerat resonemang om materialkraven finns i referens [3].

Förutom de direkta materialkraven specificerar KTS 001 även leveranskontroll och krav på dokumentation i form av certifikat.

2.3 INSATS OCH LOCK TILL INSATS

I det aktuella tillverkningsprogrammet tillverkas insatserna som gjutgods med kanaler för bränsleelementen. Under utvecklingsarbetet har provgjutningar utförts både i gjutstål och i segjärn. I kapitel 4 redovisas i detalj resultat från dessa prov. Bl a på grund av sin bättre gjutbarhet har segjärn valts som material i referenskapseln.

Två tekniska specifikationer har utvecklats för gjutna insatser: KTS 011 för gjutna insatser i segjärn SS 140717, bilaga 10 och KTS 021 för den svetsade kassett av stålprofiler som gjuts in i segjärnet och som formar kanalerna för bränselelementen, bilaga 11. Se även kapitel 3 nedan.

Stållocken till insatserna enligt ritningarna 00003-21/ 00 och 00003-211/ 00 i bilaga 1 tillverkas i konstruktionsstål SS 141312 eller i motsvarande utländska standard.

3

TILLVERKNINGSTEKNIK - EN ÖVERSIKT

3.1 ALLMÄNT

I FUD-95, referens [1], angavs 5 olika tänkbara tillverkningsmetoder för **kopparkapselns rörformade del**:

- Valsning/ Rullformning till rörhalvor som svetsas samman med längsgående svetssömmar
- Extrudering av rör
- Het Isostatisk Pressning, HIP
- Sprayforming
- Elektrodeponering

Av dessa metoder har hittills endast de båda förstnämnda provats i full skala. Extrudering är en metod för tillverkning av heldragna rör utan längsgående svetssömmar. Ett alternativ till extrudering är pressning och dragnings över dornar till önskad dimension. Vi kan kalla denna teknik för dornpressning. Samtliga dessa alternativ, rullformning, extrudering och dornpressning är idag etablerade industriella metoder som används för tillverkning av rör i dimensioner som motsvarar SKB:s kapselrör. För provtillverkning med dessa metoder finns ett antal tillgängliga leverantörer i Europa. Huvuddelen av dagens produktion med extrudering och dornpressning omfattar tillverkning av rör i mer eller mindre legerade stål ofta för krävande tillämpningar i kärnkraftverk eller i off-shore industrin. Innan SKB:s provtillverkning startade fanns dock ingen eller obetydlig erfarenhet av tillverkning av kopparrör i aktuell kapseldimension.

Ingen av de tre övriga metoderna har hittills varit aktuell för prov i full skala. Dessa metoder endast studerats i form av utredningar eller provats i liten skala i laboratoriemiljö. Den aktuella situationen redovisas därför separat i kapitel 5.

Lock och bottnar i koppar maskinbearbetas fram ur ämnen som förformats genom smide. Smidesoperationen ger en ämnesform som medför att mindre mängd material måste maskinbearbetas bort men den innebär också att materialet får en bättre (finkornigare) struktur och därmed ökad hållfasthet. Smidda ämnen för lock och bottnar kan produceras av leverantörer i de nordiska länderna men även i andra europeiska länder.

Den **aktuella svetstekniken** för längssvetsning av rörhalvor och fastsvetsning av bottnar vid tillverkning av kapslarna är elektronstrålesvetsning (Electron Beam Welding, EB-svetsning). Även förslutningssvetsning av kopparlocken på kapslar som fyllts med använt kärnbränsle planeras att ske med EB-svetsning i den framtida inkapslingsanläggningen. Tekniken vid förslutningssvetsning kommer att utprovas vid SKB:s Kapsellaboratorium i Oskarshamn. EB-svetsningen utföres i en svetskammare under partiellt vakuum eller högvakuum. SKB har utvecklat den speciella tekniken vid svetsning av kopparkapslar tillsammans med The Welding Institute, TWI i England. SKB har även ensamrätten till tekniken för denna tillämpning under TWI:s patent genom ett exklusivt licensavtal.

För tillverkning av **insatser** i stål gjutgods eller segjärn finns ett antal tillgängliga leverantörsgjuterier i de nordiska länderna. Flera av dessa producerar idag gjutna produkter av samma storlek eller som är betydligt större än kapselinsatserna. De material som hittills provats i insatserna, stål gjutgods SS 1306 och segjärn SS 0717 är i båda fallen vanliga standardkvaliteter som är välkända i branschen och som det finns stor erfarenhet av.

I en preliminär utredning av utformning av en framtida fabrik för kapseltillverkning har de mest aktuella tillverkningsmetoderna beskrivits, referens [4]. Även en informationsvideo har producerats, referens [5] som bl. a visar olika moment i tillverkningskedjan.

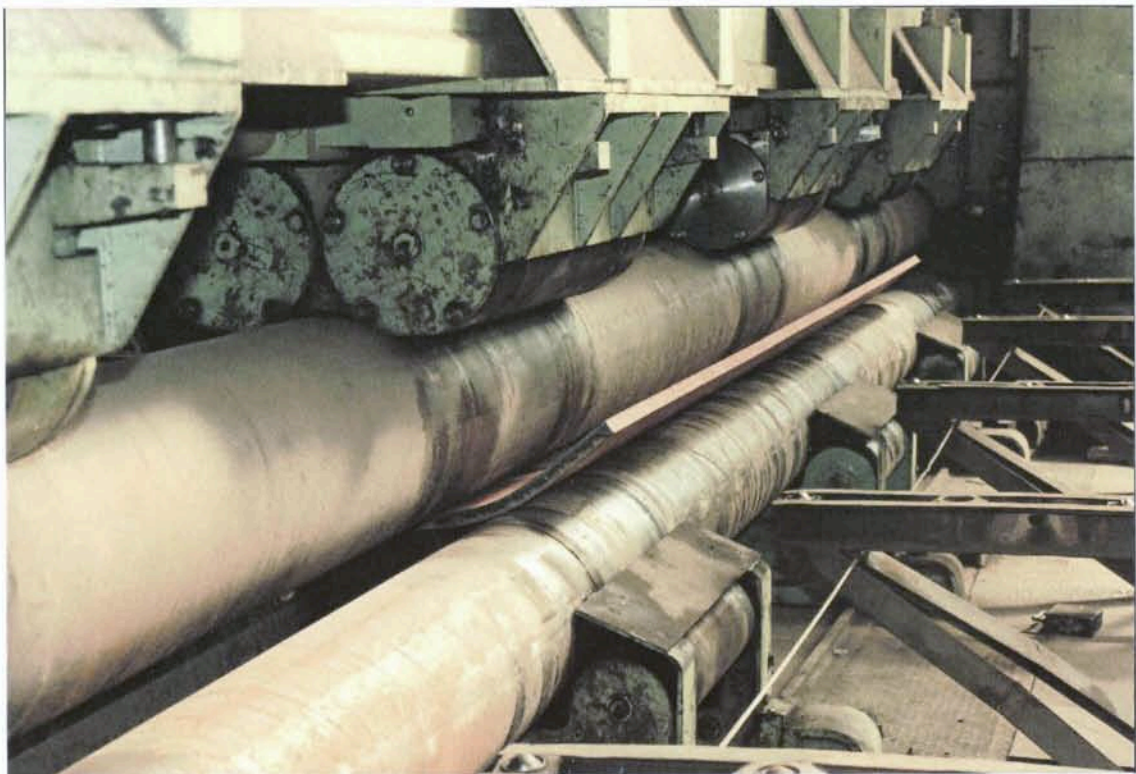
3.2 AKTUELL TILLVERKNINGSTEKNIK FÖR KOPPARRÖR. RULLFORMNING, DORNPRESSNING OCH EXTRUDERING

3.2.1 Rullformning av rörhalvor och längssvetsning

Utgångsmaterialet vid rullformningen är varmvalsad kopparplåt enligt den tekniska specifikationen KTS 001 i bilaga 9. För tillverkning av ett rör enligt den aktuella konstruktionen i ritning 00001-111/ 00 i bilaga 1 används två valsade plåtar med måtten 60x2000x4900 mm. Figur 3-1 och 3-2 visar rullformning av rörhalvor i två olika maskiner.



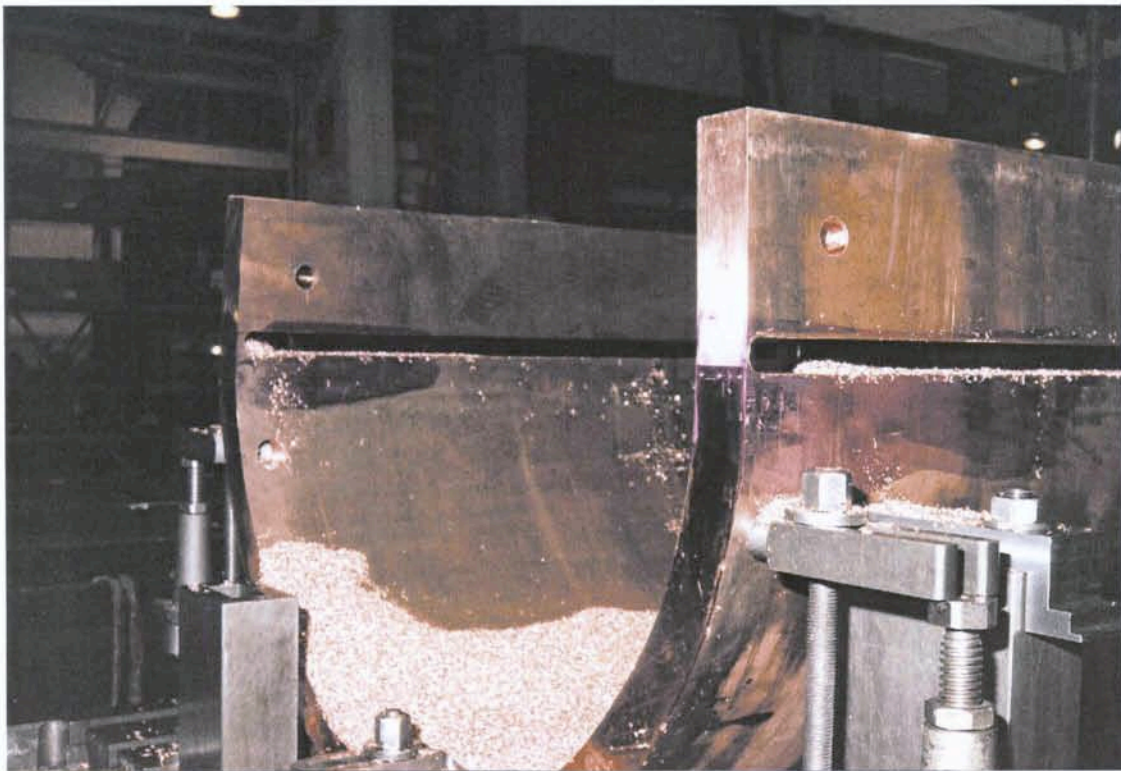
Figur 3-1. Rullformning av ett kort kopparrör.



Figur 3-2. Rullformning av ett kopparrör med full längd.

Rullformningen är en i hög grad manuellt reglerad kallformningsprocess som ställer höga krav på operatörernas skicklighet. Formningen sker stegvis och rörhalvornas form kontrolleras med mallar mellan varje steg tills resultatet är tillfredsställande och enligt kraven i ritning 00001-1111/00 i bilaga 1.

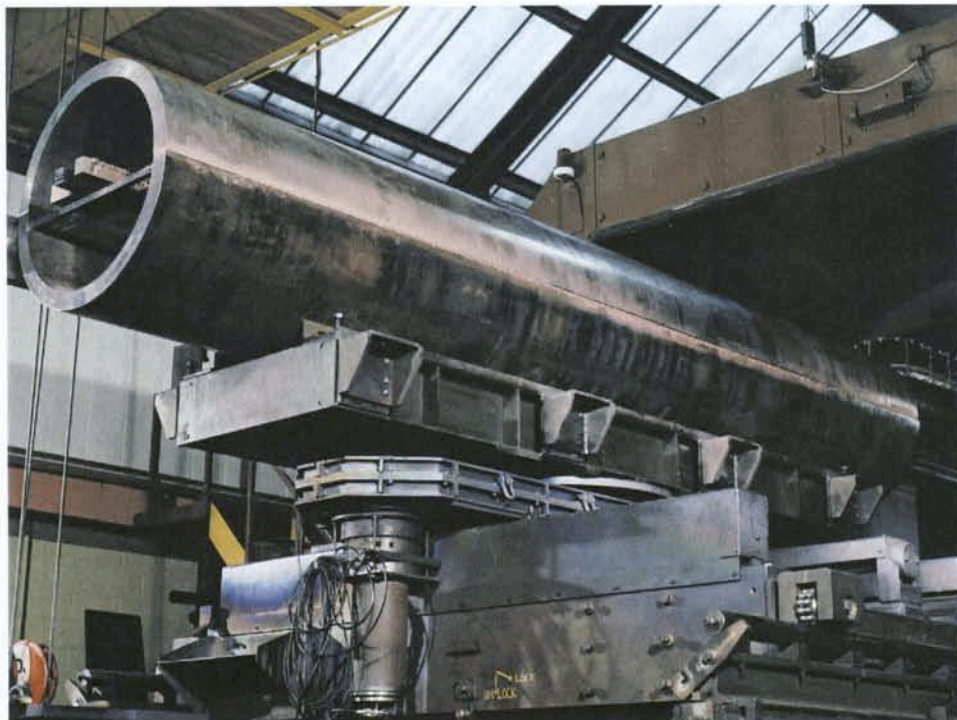
Efter formningen har rörhalvorna ett visst övermått som måste tas bort, figur 3-3. Denna maskinbearbetning efterföljs av en renfräsning som samtidigt blir en fogberedning inför längssvetsningen. Efter slutkontroll av rörhalvornas mått passas rörhalvorna ihop i en fixtur, figur 3-4 och därefter sker EB-svetsningen i vakuumkammaren, figur 3-5. All EB-svetsning av kapselkomponenter som utförts hittills har skett vid TWI i England.



Figur 3-3. Bearbetning av övermått på rullformade rörhalvor.



Figur 3-4. Sammansättning av rörhalvor för elektronstrålesvetsning. Kopparrängerna i mitten har placerats där för att stoppa elektronstrålen så att den inte träffar den andra väggen under längssvetsningen.

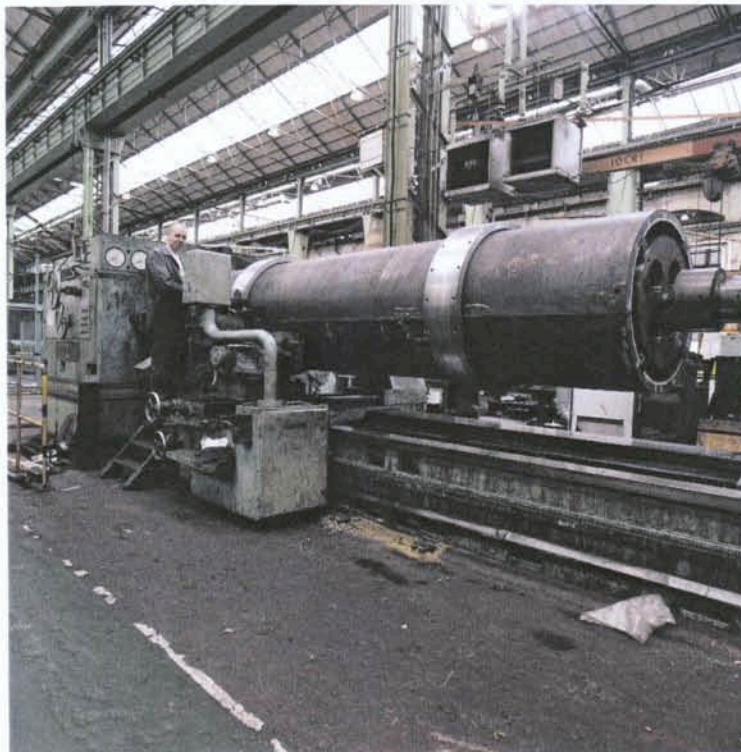


Figur 3-5. Vakuumkammare för elektronstrålesvetsning. Bilden visar ett svetsat kopparrör i öppningen av vakuumkammaren.

Efter längssvetsningen måste röret avspänningsglödgas för att ta bort restspänningar som kan ge upphov till formförändringar efter maskinbearbetning. All avspänningsglödning som gjorts i den aktuella provtillverkningen har utförts i samma kammarugn på följande sätt:

- Rören har placerats i ugnen som då haft en temperatur på 250-300 °C. Hålltiden vid den temperaturen har varit ca 3 h.
- Ökning av temperaturen med 50 °C/ h upp till 400 °C. Hålltid 4 h.
- Långsam svalning i ugnen ned till 100 °C.

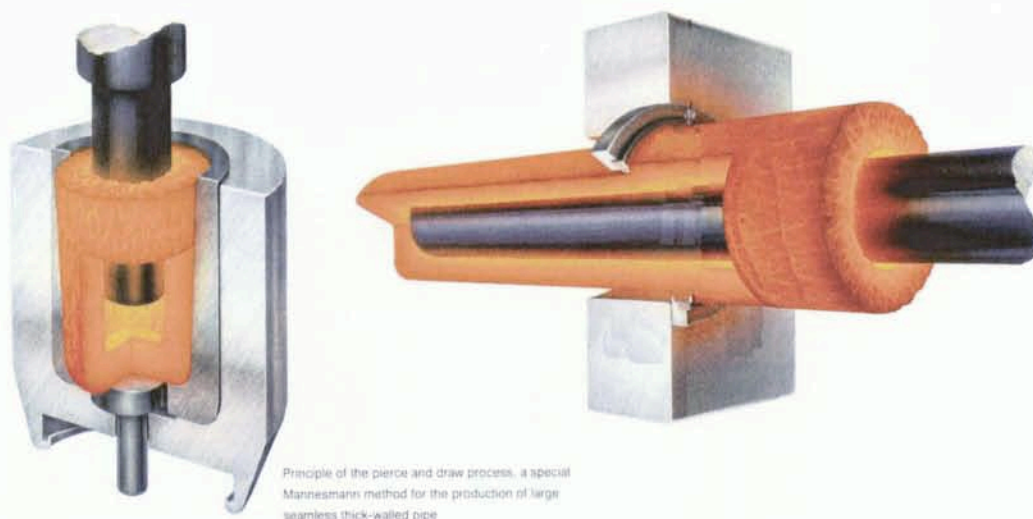
Efter avspänningsglödningen sker in- och utvändig bearbetning av rören. Figur 3-6 visar uppsättningen av ett kopparrör för invändig borrar i en maskin.



Figur 3-6. Invändig borrar av ett kopparrör.

3.2.2 Dornpressning av kopparrör

Dornpressning (Pierce and Draw Process) är en av de två metoder som identifierats för sömlös tillverkning av kopparrör. Hos Vallourec & Mannesmann i Tyskland har SKB fått tillgång till en produktionsanläggning där provtillverkning i full skala kan genomföras. I figur 3-7 visas principen för metoden som, till skillnad mot rullformning i föregående avsnitt, är en varmformningsprocess. Utgångsmaterialet är ett cylindriskt koppargöt i anpassad storlek. Det varmformas först genom stuksmide som ger ett kortare ämne med större diameter, placeras sedan i ett särskilt verktyg och hålas med en dorn, vänstra bilden i figur 3-7. Botten av ämnet bibehålles dock och utgör ett stöd för dornarna i den fortsatta formningen som sker i flera steg enligt den högra bilden i figur 3-7.



Figur 3-7. Sömlös rörtillverkning med dornpressning. (Pierce and Draw Process, Vallourec & Mannesmann).

För SKB:s kopparrör innebär formningen en stegvis ökning av både inner- och ytterdiameter hos röret till önskad slutdimension. Detta sker alltså genom succesiva byten av dorn och den ytterring som rörämnet pressas igenom enligt figur 3-7. Verktygsmåtten anpassas så att rörets vägg tjocklek minskar stegvis samtidigt som längden på röret ökar. Mellan varje formningssteg återvärms rörämnet till önskad temperatur. I den informationsvideo om kapseltillverkning som SKB har producerat, referens [5], finns en sekvens som visar rörtillverkning med denna teknik.

Efter det sista formningssteget får ämnet svalna. Efter svalningen kapas röret i båda ändar till önskad längd. I detta moment avlägsnas alltså den kvarvarande bottendelen. SKB:s bedömning är att någon avspänningsglödning ej behövs med denna process.

Sista momentet vid tillverkning av kopparrör med denna metod blir in- och utvändigt maskinbearbetning till färdigmått. Se figur 3-6.

Det har diskuterats huruvida bottendelen som är en del av processtekniken skulle kunna vara kvar på röret och efter färdigbearbetning användas som botten i kopparkapseln. Vallourec & Mannesmann tillverkar speciella behållare i stål på detta sätt. I vårt fall finns dock flera svårigheter med detta. Processen måste utföras så att materialet i botten bearbetas så att det får en struktur som uppfyller kravet på kornstorlek. Vidare blir sannolikt den invändiga maskinbearbetningen av detta relativt långa rör med integrerad botten svår att utföra. Det fortsatta arbetet får utvisa om detta kan vara en framkomlig väg eller ej.

3.2.3 Extrudering av kopparrör

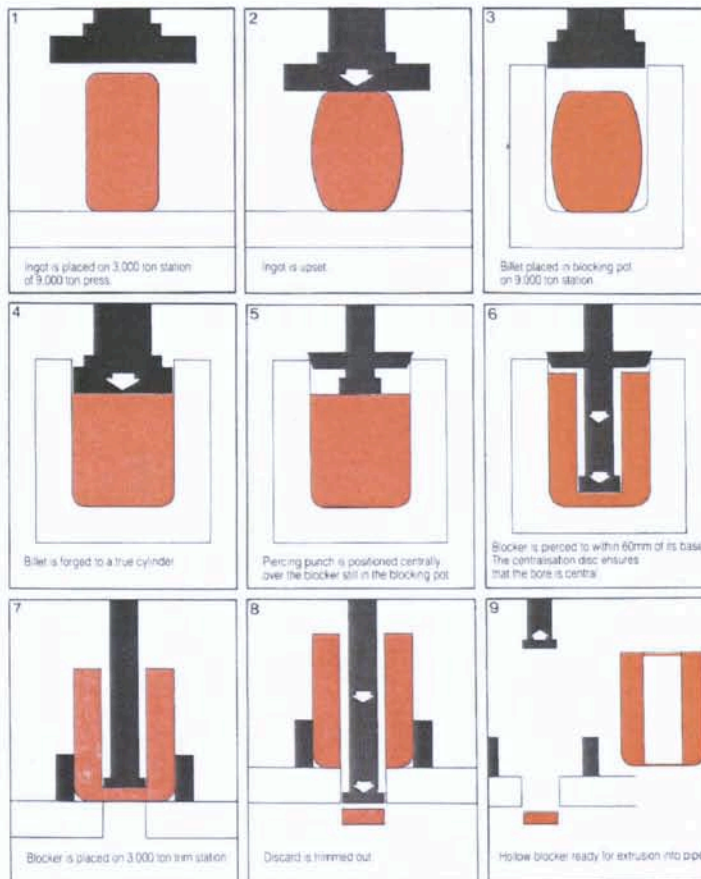
Den andra metoden som identifierats för sömlös rörtillverkning är extrudering. Prov med extrudering har tidigare utförts av SKB och redovisats i referens [2]. Såvitt känt är Wyman Gordon Ltd med anläggningar i Skottland och USA det enda företag som har pressar av tillräcklig storlek (30000 tons presskraft) för extrudering av rör i aktuell dimension.

Extrudering är liksom dornpressning en varmformningsmetod. Utgångsmaterialet är även här ett cylindriskt koppargöt i anpassad storlek, figur 3-8.



Figur 3-8. Koppargöt avsett för extrudering.

Figur 3-9 visar principen för det första steget i processen. Götet värms och formas först genom stuksmide i en mindre press, i två steg, till en cylinder som sedan hålas till det ämne som sedan skall extruderas. Figur 3-10 är ett foto av ett sådant hålat ämne.



Figur 3- 9. Steg 1 vid extrudering. Stuksmide och hålning av koppargöt till ämne för extrudering.

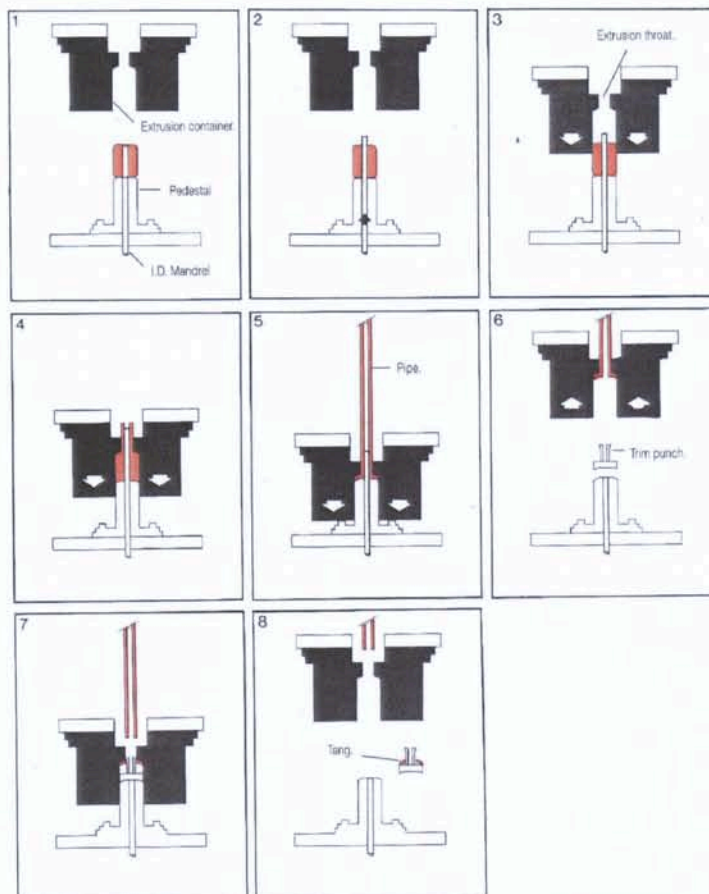


Figur 3-10. Foto av hålat ämne för extrudering.

Principen för extruderingen i 30000-tons press framgår av figur 3-11. Det hålade ämnet värms till avsedd temperatur och placeras i läge under pressverktyget enligt figuren överst till vänster. En invändig dorn bestämmer innerdiametern. Det stora pressverktyget trycks nedåt och röret formas och pressas vertikalt uppåt i ett enda steg till slutlig dimension.

Efter extruderingen får det färdiga röret svalna till rumstemperatur. Liksom i fallet med dornpressning har det bedömts att ett rör som tillverkats på detta sätt ej behöver avspänningsglödgas innan färdigbearbetning.

Figur 3-12 är ett foto av extruderade kopparrör.



Figur 3-11. Principen för extrudering av hålrat ämne. Det extruderade röret pressas vertikalt uppåt då pressverktyget trycks nedåt.



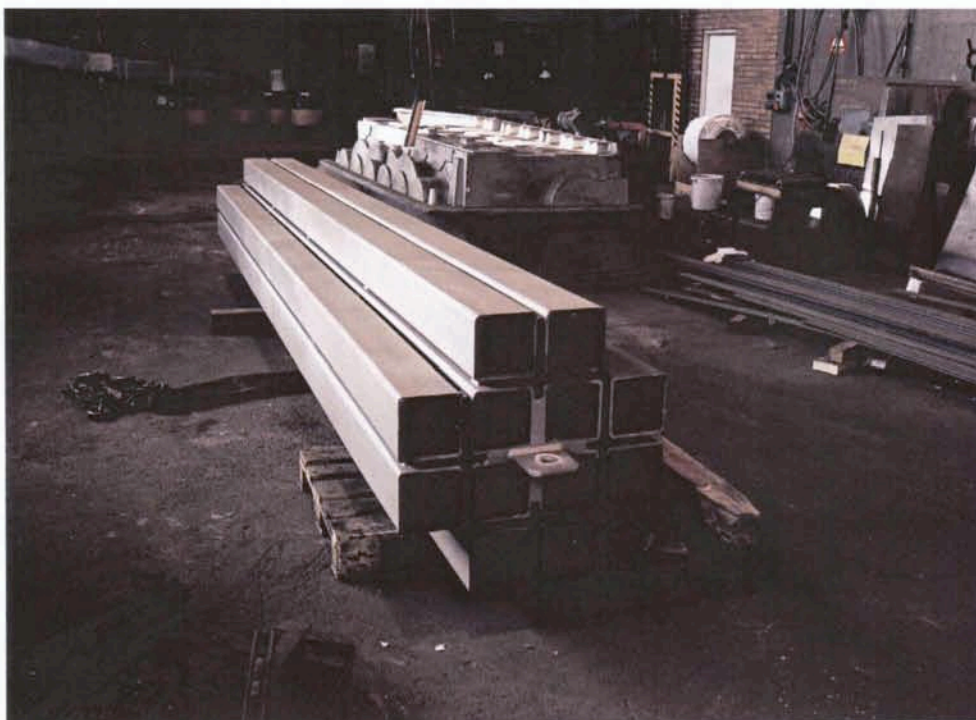
Figur 3-12. Extruderade kopparrör. Liksom med dornpressning blir sista momentet i tillverkningen av kopparrör med denna metod in- och utvändigt maskinbearbetning.

3.3 TILLVERKNING AV GJUTNA INSATSER

Den konstruktiva utformningen av de gjutna insatserna har beskrivits i kapitel 2 ovan. Insatserna gjuts med 12 kanaler för BWR-element eller 4 kanaler för PWR-element.

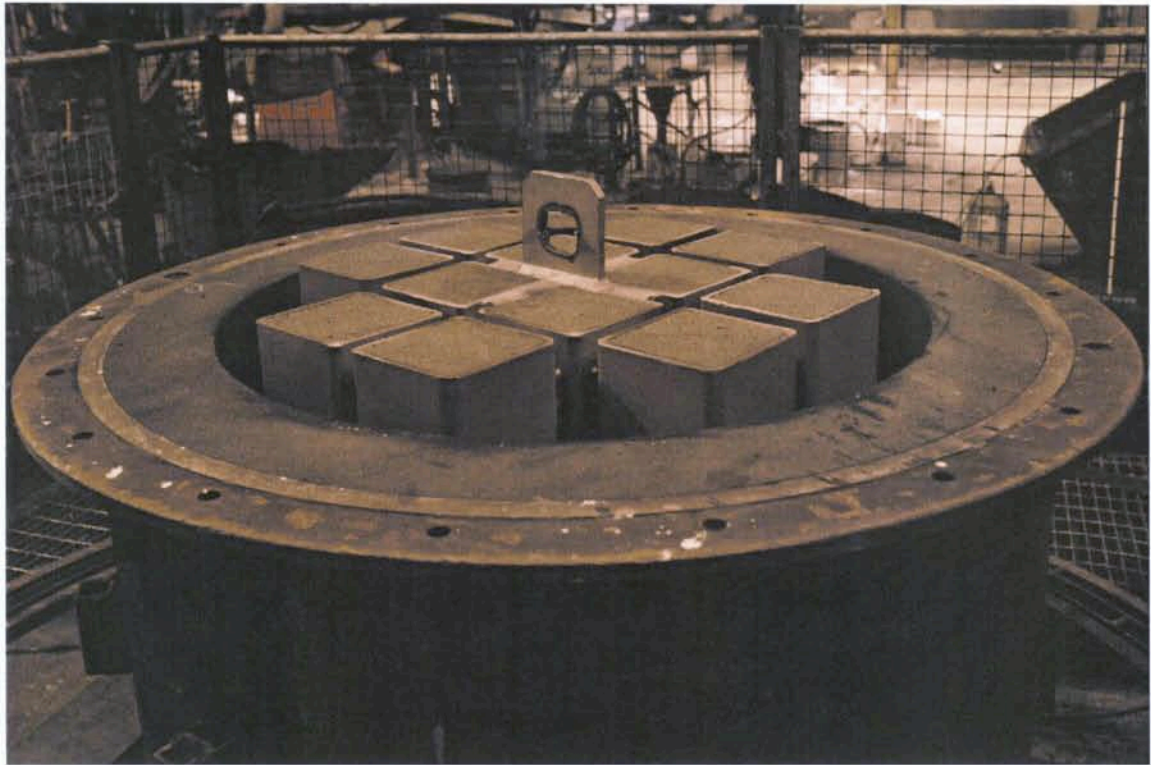
Vid gjutning av insatser i stålgiutgods eller segjärn åstadkommes kanalerna med hjälp av stålrör med fyrkantprofil som gjuts in i godset. Konstruktionen framgår av ritningarna 00004-12/ 00 och 00002-1211/ 00 i bilaga 1. Profilerna svetsas alltså samman till en kassett som placeras i centrum av gjutformen och gjuts in i insatsen.

Figur 3-13 visar en svetsad kassett innan den placeras i gjutformen.



Figur 3-13. Svetsad kassett med 12 kanaler för BWR-element.

Innan gjutning fylls de öppna kanalerna i kassetten med sand, figur 3.14. Detta är nödvändigt för att profilernas väggar inte skall deformeras inåt av det trycket från smältan vid gjutningen. Ett foto från en av de gjutningar med segjärn som utförts visas i figur 3-15.

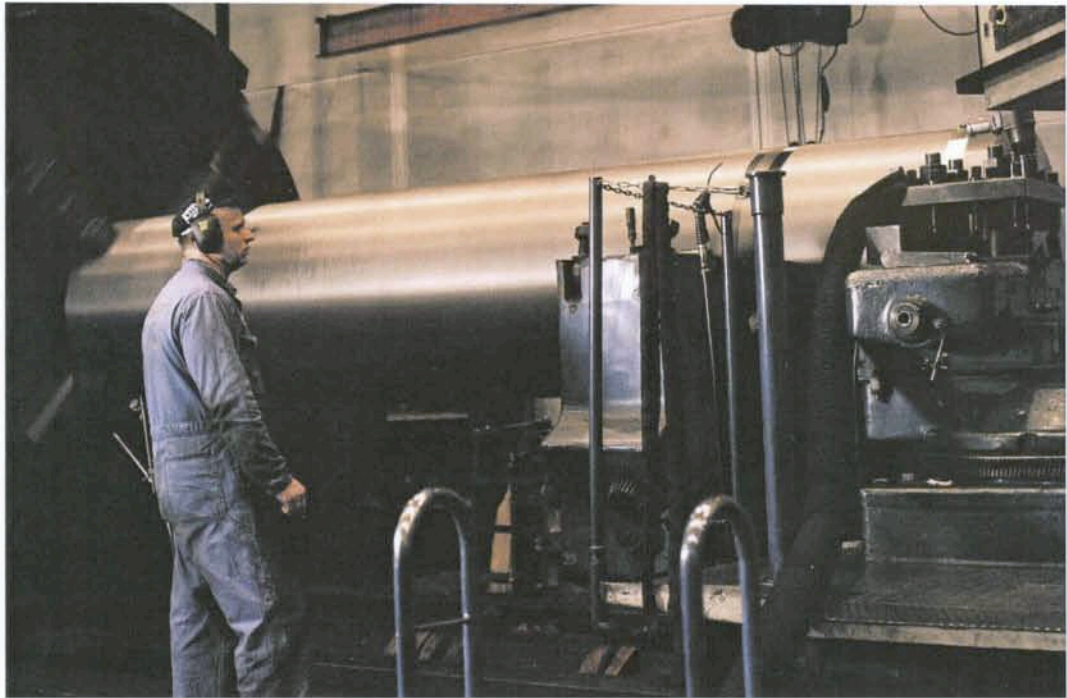


Figur 3-14. Svetsad kassett i gjutformen. Kanalerna har fyllts med sand för att stå emot det yttre trycket av metallsmältan.

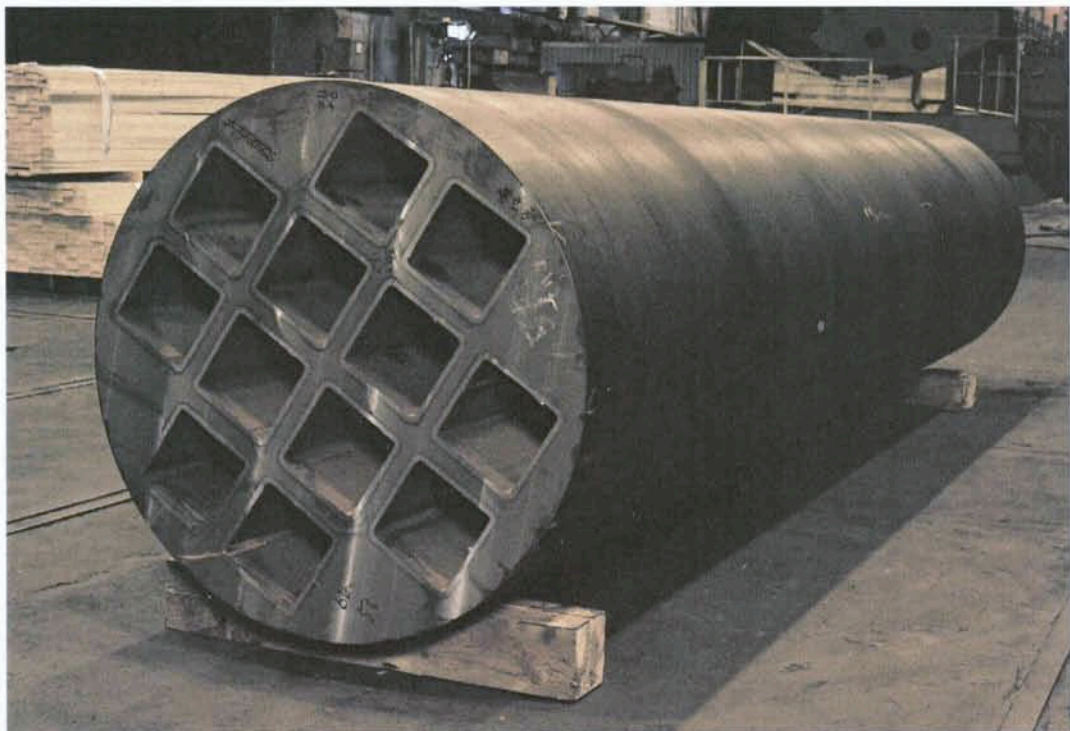


Figur 3-15. Gjutning av insats.

Efter svalning i formen, vilket tar några dygn (det gjutna ämnet väger ca 15 ton) slås gjutgodset ut och kan sedan maskinbearbetas, figur 3-16 och 3-17.



Figur 3-16. Svarvning av gjuten insats i segjärn.



Figur 3-17. Insats i segjärn efter svarvning av ytterytan sedd från toppen. Bearbetning av toppen för stållockets infattning återstår.

4 RESULTAT AV TILLVERKNINGSPROV

4.1 ALLMÄNT

I en tidigare rapport har resultat från provtillverkning under 1994 och 1995 redovisats [2]. Sedan dess har insatsens konstruktion ändrats. Den tryckbärande insatsen tillverkades då inte som gjutgods utan var ett stål rör som formades från valsad plåt eller genom extrusion. Även kapselns ytterdiameter var då mindre, 891 mm i stället för 1050 mm i den idag aktuella konstruktionen. Kopparrören provtillverkades dels genom rullformning och längssvetsning (2 st) och dels genom extrudering (2 st).

Det kvalitetssystem för kapseltillverkning som redan omnämnts och som beskrivs mera i detalj i kapitel 6 började tillämpas i början av 1997 och har därefter utvecklats steg för steg. Som beskrivs i kapitel 6 och i bilaga 8, har ett löpnummersystem införts för kapselns olika delar och för kompletta sammanbyggda kapslar. Alla tillverkade komponenter får alltså för identifikation och spårbarhet ett unikt löpnummer enligt följande princip:

Komponent	Identitetsnummer
Kopparrör	T 1, T 2, T 3 etc
Bottnar till kopparrör	TB 1, TB 2, TB 3 etc
Lock till kopparrör	TL 1, TL 2, TL 3 etc
Insatser för BWR-element	I 1, I 2, I 3 etc
Lock till insatser	IL 1, IL 2, IL 3 etc
Kompletta kapslar	C 1, C 2, C 3 etc

Löpnumren stämplas in mekaniskt i detaljen enligt rutinbeskrivning KT 0705 i bilaga 8 och på plats som anges på ritningen, se t ex ritning 00001-112/ 00 i bilaga 1. Dessa identitetsnummer har använts i nedanstående redovisning av resultaten från provtillverkningen.

En översikt över de kapselkomponenter som tillverkats under perioden 1996-1998 ges i Tabell 4-1. Resultaten från dessa tillverkningsprov redovisas sedan mer detaljerat under respektive rubrik.

TABELL 4-1. TILLVERKNING AV KAPSELKOMPONENTER UNDER 1996-1998. EN ÖVERSIKT

Komponent	Tillverkningsmetod	Antal tillverkade 1996 - 1998	Planerad tillverkning 1999
Kopparrör	Rullformning från valsad plåt	10	-
”	Dornpressning	1	2-3
”	Extrudering	3	3-5
Lock och botten i koppar	Smide och maskinbearbetning	42	Ca 30
Insatser BWR	Stålgjutgods	1½	-
”	Segjärn	7	6
Insatser PWR	Segjärn	1	2
Lock till insatser	Maskinbearbetning från valsad stålplåt	3	Ca 10

4.2 TILLVERKNING AV KOPPARRÖR

4.2.1 Rullformning av valsad kopparplåt och längssvetsning

En allmän översikt över de kopparrör som tillverkats på detta sätt sedan 1996 finns i tabell 4-2. Kopparrör som fått identitetsnummer T 1 och T 2 och som tillverkades på detta sätt har tidigare redovisats i referens 2. T 2 ingår i en utställningskapsel som fått identitetsnumret C 1.

TABELL 4-2. TILLVERKNING AV KOPPARRÖR GENOM RULLFORMNING OCH LÄNGSSVETSNING. ÖVERSIKT

Identitets- nr	Kommentarer
T 5	Valsad plåt 65x1700x5000 mm avsedd för den tidigare kapselkonstruktionen med $D_y = 891$ mm. Av dessa plåtar tillverkades några kortare rör för utställningsföremål, t ex de två korta rören i figur 1-1.
T 6	Valsad plåt 65x1850x4900 mm. Bearbetat till $D_i = 950$ mm och $D_y = 1050$ mm, dvs 50 mm väggjocklek.
T 7	Valsad plåt 40x2000x4900 mm. Prov med 40 mm plåt. Bearbetat till $D_i = 952$ mm och $D_y = 1010$ mm, dvs 29 mm väggjocklek.
T 8-T 11	Valsad plåt 60x2000x4900 mm. Bearbetade till $D_i = 952$ mm och $D_y = 1050$ mm, dvs till 49 mm väggjocklek. Samma mått som i ritning 00001-111/00 i bilaga 1. T 8 användes i utställningskapsel med snedskuren överdel som finns i Äspölaboratoriets kontorspaviljong.
T 12-T 15	Valsad plåt 60x2000x4900 mm. Rullformning och längssvetsning har utförts. Bearbetning till färdiga rör återstår.

Utgångsmaterialet för valsad plåt har i samtliga fall varit stränggjutna ämnen med rektangulärt tvärsnitt 835x250 mm. Strängen kapas till anpassade längder för olika plåtdimensioner. Kemisk analys bestäms hos materialleverantören i början och i slutet av varje charge. En charge räcker till ett antal plåtar varför analysvariationerna blir små mellan olika plåtar. Materialleverantörens certifikat skall enligt KTS 001 godkännas av SKB innan valsning till plåt får ske. Materialet för rören T 6 – T 15 låg helt inom gällande specifikation.

Efter valsning till plåt i respektive dimension togs prover ut för korntorleksbestämning och för dragprovstavar för bestämning av mekaniska egenskaper. Tabell 4-3 visar erhållna resultat.

**TABELL 4-3. MATERIALDATA VALSAD PLÅT FÖR RÖREN
T 6 – T 15**

Rör nr	Plåt- tjocklek (mm)	Brottgräns R_m (N/mm ²)	Sträckgräns $R_{p0,2}$ (N/mm ²)	Brott- förlängning $A_{50\text{ mm}}$ (%)	Hårdhet (HRF)	Korn- storlek (μm)
T 6	65	212-215	174	78	71-72	400
T 7	40	221-232	203-228	74-80	75-83	250-600
T 8 – T 11	60	213-236	156-201	80-84	73-83	250-600
T 12 – T 15	60	217-229	190-219	80-98	75-82	250-350

Erhållen kornstorlek uppvisar relativt stora variationer och var i en del av plåtarna klart över specificerat 180-360 μm . Den sista leveransen med plåtar till rören T 12 – T 16 hade däremot kornstorlekar inom det specificerade intervallet. Innan leverans kontrollerades alla plåtar med ultraljud efter inre fel. Inga indikationer fanns registrerade.

Efter rullformning och bearbetning av övermått och fogytor skickades rörhalvorna till TWI för längssvetsning. Se figur 3-3 till 3-5. Svetsningen av alla rören har utförts i TWI:s högvakuumbekämpare, figur 3-5. Eftersom EB-svetsningen av dessa kopparrör fortfarande befinner sig på ett utvecklingsstadium testades olika varianter av fronting bar, backing bar, V-formad svetsfog etc. Under själva svetsningen registrerades kontinuerligt fenomen, t ex överslag i elektronkanonen, som kan tänkas påverka svetskvaliteten.

Efter svetsningen sändes rören till ett annat företag för maskinbearbetning och efterföljande kontroll av svetsarna med penetrant och röntgen.

Resultaten av denna provning håller fortfarande på att utvärderas. Man kan konstatera förekomsten av såväl porositeter som ytliga defekter i svetsfogen. Några färdiga acceptanskriterier för oförstörande provning av svetsfogar på kopparkapseln finns ännu inte utan håller på att utvecklas. Någon direkt bedömning av resultatet av dessa provsvetsar i förhållande till acceptanskriterierna kan därför inte göras i dagens läge. Man kan dock konstatera att svetsmekaniken kunde förbättras successivt under provserien och att resultatet av de sista svetsarna har bedömts som klart bättre än de tidigare svetsarna. Man kan också konstatera att svetsningen av det tunnare röret T 7 varit ”lättare” och gett ett bättre resultat än de mer tjockväggiga rören. TWI gör också den bedömningen att svetsning vid reducerat tryck (Reduced Pressure EB-welding) som är den avsedda framtida tekniken för svetsning av kopparkapslar kommer att medföra en bättre kvalitet hos svetsarna.

Färdigutvecklad är sannolikt metoden med rullformning av rörhalvor och längssvetsning ett fungerande tillverknings sätt för kopparrör till SKB:s kapslar.

4.2.2 Sömlös rörtillverkning, dornpressning

Tre göt tillverkades i en följd genom stränggjutning för de första proven med dornpressning. (Pierce and draw process). Göten renkapades i båda ändar men ytterytorna behölls obearbetade. Data för de tre göten presenteras i tabell 4-4 nedan. Den kontinuerliga stränggjutningen ger relativt små variationer i kemisk analys. Fosforhalterna för de tre göten ligger något högt jämfört med det specificerade intervallet på 40-60 ppm. En syrehalt på 60 ppm avviker markant från övriga värden. Kravet på syrenehåll var då $O < 6$ ppm i stället för $O < 5$ ppm som är dagens krav i KTS 001, bilaga 9.

TABELL 4-4. TILLVERKNING AV KOPPARRÖR GENOM DORNPRESSNING. MATERIALDATA

Rör nr	Längd (mm)	Koppargöt – utgångsmaterial				Aktuellt tillverkningsläge
		Diameter (mm)	Vikt (kg)	Analys		
				P (*) (ppm)	O (*) (ppm)	
T 16	2201	860	11470	79/ 85	4,2/ 60	Dornpressad Se resultat nedan
T 17	2243	855	11610	60/ 70	1,8/ 2,4	Förformad genom stuksmide
T 18	2230	857	11550	40/ 70	2,9/ 10	Ligger som göt

(*) Prov från toppände/ botten i göten

Tillverkningen av rör T 16 var första gången ett kopparrör i denna dimension tillverkades på detta sätt. Önskvärda slutmått skulle innehålla nödvändig arbetsmån på det färdiga röret enligt ritning 00001-111/ 00 i bilaga 1. Riktvärden var måtten på ämnesröret "Before Machining" på samma ritning. Osäkerheten gjorde att leverantören ville ha en arbetstemperatur i överkant för att materialet säkert skulle vara möjligt att forma med tillgängliga presskrafter. Första momentet vid tillverkningen var förformning genom stuksmide till en cylinder med diametern 1040 mm. Själva rörtillverkningen skedde sedan i flera steg. Först gjordes hålningen med bibehållen botten vid 800 °C till D_i ca 690 mm och D_y ca 1050 mm. Röret vidgades sedan och drogs ut på längden i flera steg med successiva byten av dornar och ytterringar och med mellanliggande återuppvärmning av ämnet. Vid de

första stegen var temperaturen 850 °C. Näst sista steget skedde med en dorn med diametern 905 mm och en ring med innerdiametern 1090 mm vid temperaturen 800 °C. Vid slutsteget användes en dorn med diametern 955 mm och en ring med innerdiametern 1100 mm vid temperaturen 750 °C. Övermått jämfört med ritningen beräknas så att röret efter svalning skall ha krympt till önskade mått.

Resultatet av denna provtillverkning blev att röret ej hade fått full längd och att väggtockleken varierade avsevärt. Följande variationer konstaterades:

Rör T 16		Riktvärden
Rörets längd efter renkapning av ändarna:	4500 mm	> 4900 mm
Innerdiameter	932-952 mm	940 mm
Ytterdiameter	1084-1098 mm	1060 mm
Väggjocklek	57-90 mm	60 mm

Resultatet av detta första försök blev alltså ett något för kort rör med onödigt mycket material att bearbeta bort i väggarna. Den i hög grad ojämna väggjockleken är inte heller önskvärd ur bearbetningssynpunkt.

Vid renkapningen av ändarna erhöles en ring från rörets öppna toppände och en ”tallrik” från bottendelen. Två kapsnitt gjordes dessutom mitt på rörets längd så att ett ringformat prov erhöles även därifrån. Dessa prover undersöktes metallografiskt med snitt både längs och tvärs röret för att studera erhållen kornstorlek.

Genomsnittlig kornstorlek:

Rör T 16	Längssnitt	Tvärsnitt
Botten	1060 µm	1100 µm
Mitten	365 µm	370 µm
Toppen	470 µm	350 µm

Kravet på medelkornstorleken enligt KTS 001, bilaga 9, är 180-360 µm.

Den grövsta kornstorleken återfanns alltså i bottendelen. Denna är en relativt kraftig godsanhopning som också svalnar långsammast efter formningen. Att den största kornstorleken uppträder här är naturligt. Provet måste dock betecknas som lovande. I kommande nya prov måste rören dras ut betydligt längre samtidigt som slutstegen sannolikt kan utföras vid en lägre temperatur. Detta bör samverka till förbättringar både beträffande mått och erhållen materialstruktur.

De planerade fortsatta proven får utvisa om dornpressning kan vara ett alternativ för tillverkning av sömlösa kopparrör.

4.2.3 Sömlös rörtillverkning, extrudering

Kopparrör som fått identitetsnummer T 3 och T 4 och som tillverkades genom extrudering har tidigare redovisats i referens [2]. T 3 ingår i en utställningskapsel som fått identitetsnumret C 2. Båda dessa rör extruderades vid 800 °C, en temperatur som visade sig vara så hög att materialet erhöll en alltför grovkornig struktur.

För den nu genomförda provserien tillverkades tre göt i en följd genom kontinuerlig stränggjutning. Göten renkapades i båda ändar och ytterytorna rensvarvades. Detta bidrog till bättre ytor på de extruderade rören. Data för de tre göten presenteras i tabell 4-5 nedan. Liksom för göten som användes för dornpressning är även i detta fall erhållna fosforhalter högre än specificerat 40-60 ppm. Kravet på syrehalten ($O < 6$ ppm) innehålles dock.

TABELL 4-5. TILLVERKNING AV KOPPARRÖR GENOM EXTRUDERING. MATERIALDATA

Rör nr	Längd (mm)	Koppargöt – utgångsmaterial				Aktuellt tillverkningsläge
		Diameter (mm)	Vikt (kg)	Analys		
				P (*) (ppm)	O (*) (ppm)	
T 19	2299	838	11350	74/ 85	2,3/ 5,2	Extruderat Ej bearbetat
T 20	2273	840	11275	58/ 79	2,4/ 5,2	”
T 21	2290	840	11361	55/ 70	2/ 3,1	”

(*) Prov från toppände/ botten i göten

Första steget i processen, förformning och hålning till extruderingsämnen utfördes samtidigt för alla tre göten vid en temperatur på 675 °C. Extruderingen utfördes sedan också vid 675 °C för alla tre rören. T 21 extruderades först och utvärderades med avseende på mått och struktur i materialet. Även ultraljudundersökning utfördes. De två övriga rören extruderades sedan i en följd. Samma kontroll utfördes därefter även på dessa.

Liksom i fallet dornpressning ovan var önskvärda slutmått att tillräcklig arbetsmån skulle finnas för att ett rör enligt ritning 00001-111/ 00 i bilaga 1 skulle kunna färdigställas. Riktvärden var då måtten på ämnesröret ”Before Machining” på samma ritning. Erhållna mått visas i tabell 4-6.

TABELL 4-6. UPPMÄTNING AV EXTRUDERADE KOPPARRÖR

Rör nr	Längd Riktvärde >4900 mm	Innerdiameter Riktvärde 940 mm	Ytterdiameter Riktvärde 1060 mm	Vägg tjocklek Riktvärde 60 mm
T 19	5013	941 – 962	1072 – 1073	65,0 – 67,0
T 20	5006	938 - 945	1072 - 1073	64,5 – 68,4
T 21	5010	936 - 944	1067	64,5 – 67,0

Ett avvikande mått kan noteras. Innerdiametern på färdigbearbetat rör är enligt ritningen 952 +1/ +0,5 mm. Värdet 962 mm lokalt på innerdiametern för T 19 betyder att ett visst område i det röret inte kommer att kunna renbearbetas invändigt. I övrigt är alla mått godkända med relativt små variationer som inte bör ge några problem vid färdigbearbetning.

Alla tre rören undersöktes med ultraljud. Inga defekter kunde indikeras. Figur 3-13 är ett foto av de tre extruderade rören.

Prover uttagna i anslutning till ändarna i alla tre rören undersöktes metallografiskt för bestämning av kornstorlek. I rör T 21 undersöktes prov både från rörets topp och från dess bottenända. I övriga två togs proven ut från rören bottenända. Med toppen på rören menas den del som kommer först upp ur verktyget vid extrusionen. Följande resultat erhöles vid kornstorleksbestämningen, tabell 4-7.

TABELL 4-7. RESULTAT AV KORNSTORLEKSBESTÄMNING PÅ EXTRUDERADE RÖR

Rör nr	Kornstorlek	
	Topp	Botten
T 19		44 - 88 µm (ASTM 6 – 4)
T 20		44 - 88 µm (ASTM 6 – 4)
T 21	88 – 177 µm (ASTM 4 – 2)	52 - 88 µm (ASTM 5,5 – 4)

Kravet på medelkornstorlek enligt KTS 001 är 180 – 360 μm . En mindre kornstorlek än 180 μm torde inte vara någon nackdel. Resultatet kommer att följas upp med förnyad materialprovning och ytterligare prov med extrusion. Figur 4-1 är ett foto av strukturen i toppdelen av rör T 21.



Figur 4-1. Strukturen i toppen av rör T 21. 100x.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att proven med extrudering har gett ett tillfredsställande resultat. Extrudering är sannolikt ett bra alternativ för en framtida produktion av sömlösa rör för SKB:s kopparkapslar.

4.3 TILLVERKNING AV LOCK OCH BOTTNAR I KOPPAR

Lock och botten i koppar tillverkas ur förformade smidda ämnen. Ett smitt ämne kan användas både för tillverkning av lock eller botten. De aktuella färdigritningarna återfinns i bilaga 1. Lock har ritningsnummer 00001-31/00 och botten ritningsnummer 00001-112/00. Sammanlagt har 42 smidda ämnen hittills producerats. Det förhållandevis stora antalet beror på Kapsellaboratoriets behov av kopparlock.

Utgångsmaterialet för smide är stränggjutna ämnen. En götlängd räcker till fyra smidda ämnen. Den kontinuerliga gjutningen gör att variationerna i den kemiska sammansättningen blir små. Kraven på materialet för lock och botten är de samma som för kopparrör dvs enligt specifikationen KTS 001 i bilaga 9.

Analyscertifikaten för dessa 42 ämnen visar att kraven enligt KTS 001 uppfylls beträffande syre, väte och svavel. Fosforhalten varierar i intervallet 34-80 ppm medan kravet är 40-60 ppm.

En kontroll av kornstorleken i ett smitt ämne har hittills utförts. Kornstorleken bestämdes till 200-300 μm nära ämnets centrum som är det område där den grövsta kornstorleken kan förväntas. Kravet på 180-360 μm förefaller alltså kunna innehållas med detta tillverknings sätt.

4.4 SVETSNING AV BOTTEN PÅ KOPPARRÖR

På två av de tillverkade kopparrören har botten EB-svetsats vid TWI. Även denna svetsning utfördes i TWI:s högvakuumkanmare. Rören var placerade horisontellt på en anpassad rigg med en drivordning som roterade röret under svetsningen. Figur 4-2 och 4-3 visar inpassningen av botten till rör T 9 innan svetsningen och hur röret placerats i vakuumkanmaren för svetsning.



Figur 4-2. Inpassning av botten till rör T 9.



Figur 4- 3. Rör T 9 i vakuumkammaren för svetsning av botten. Bilden visar även elektronkanonens placering. Vid svetsningen roterar röret medan elektronkanonen är fast.

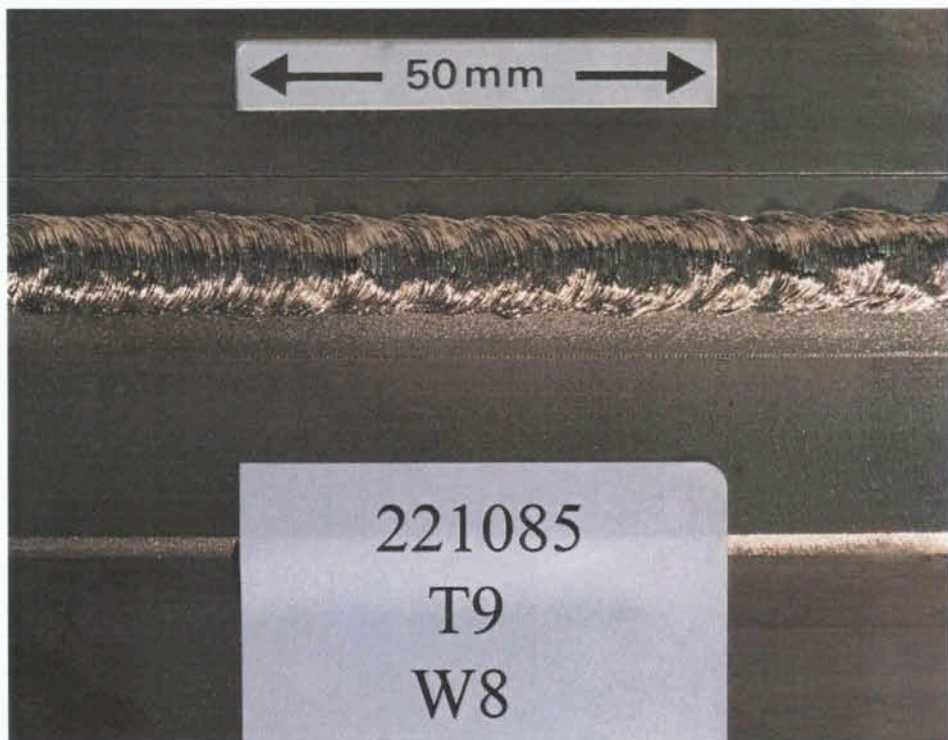
Bottnar svetsades på två av de tillverkade rören nr T 9 och T 10. Botten med identitetsnummer TB 3 svetsades på T 9 och TB 4 på T 10. Enstaka överslag noterades vid båda svetsningarna och i ett fall utfördes en lokal svetslagning.

Efter svetsningen kontrollerades svetsarnas kvalitet med ultraljud (P-scan), se figur 4-4. Inga indikationer på svetsdefekter kunde registreras med undantag av vissa rotdefekter i samband med svetsningens avslutande efter fullbordat varv. Figur 4-5 är ett foto av en del av svetssträngen vid botten av rör T 9.

Rören T 9 och T 10 kommer att användas i färdiga kompletta kapslar avsedda för olika tester. Angående T 9 se figur 4-11 och 4-12 nedan.



Figur 4- 4. Ultraljudprovning (P-scanning) av bottensvets TB 3/T 9.



Figur 4-5. Parti av svetssträngen TB 3/T 9.

4.5 TILLVERKNING AV GJUTNA INSATSER

4.5.1 Översikt

Som framgått av tabell 4-1 har under åren 1996-1998, 8 insatser tillverkats i segjärn och en insats i stål gjutgods. Vid ett tidigare prov tillverkades även en halv längd (se nedan) i stål gjutgods. En av de 8 insatserna i segjärn är avsedd för PWR-bränsle och övriga för BWR-bränsle.

När det gäller identitetsnumren på insatserna tillhör I 1 – I 4 de tidigare proven som redovisats i referens 2. De insatserna hade en annan utformning och tillverkades inte heller som gjutgods.

I den nu aktuella provserien har I 5 och I 6 tillverkats i stål gjutgods och I 7 t o m I 13 i segjärn. Av dessa är samtliga avsedda för BWR-element med 12 kanaler. Till detta kommer den insats i segjärn för PWR-element som också tillverkats.

4.5.2 Insatser i stål gjutgods

Två provgjutningar av insatser i stål gjutgods har utförts. Vid den första provgjutningen tillverkades en insats med halv längd. (I 5, toppdel). Den då aktuella konstruktionen innebar att den färdiga insatsen bestod av två halvor som skulle monteras samman, ritning SKB-20001-3D/ 00 och SKB-20001-12/ 00 i bilaga 2.

Vid den andra gjutningen som byggde på erfarenheterna från den första tillverkades en insats i full längd (I 6) enligt ritning SKB-20002-121/00. Insatsen försågs med en svetsad botten, ritning SKB-20001-123/00 och färdigbearbetades enligt SKB-20002-12/00 i bilaga 2.

I båda fallen åstadkoms kanalerna för bränsleelement genom att stålprofiler (RHS 180x180x10 mm) svetsades samman till en kassett som placerades centralt i gjutformen och gjöts in i godset enligt samma princip som visas i figur 3-13 och 3-14.

Det gjutstål som användes var SS 1306-02. Efter gjutning och rensning men före bearbetning utfördes en dubbel värmebehandling, på I 5 glödning vid 1000 °C följt av normalisering från 920 °C och på I 6 dubbel normalisering först från 925 °C och därefter från 920 °C. I tabell 4-8 har kemisk analys och i tabell 4-9 hållfasthetsdata från leveranscertifikaten sammanställts och jämförts med kraven i standarden. Hållfasthetsvärdena härrör från vidgjutna provstavar.

**TABELL 4-8. KEMISK ANALYS ENLIGT CERTIFIKAT FÖR
INSATER I STÅLGJUTGODS. I 5 OCH I 6**

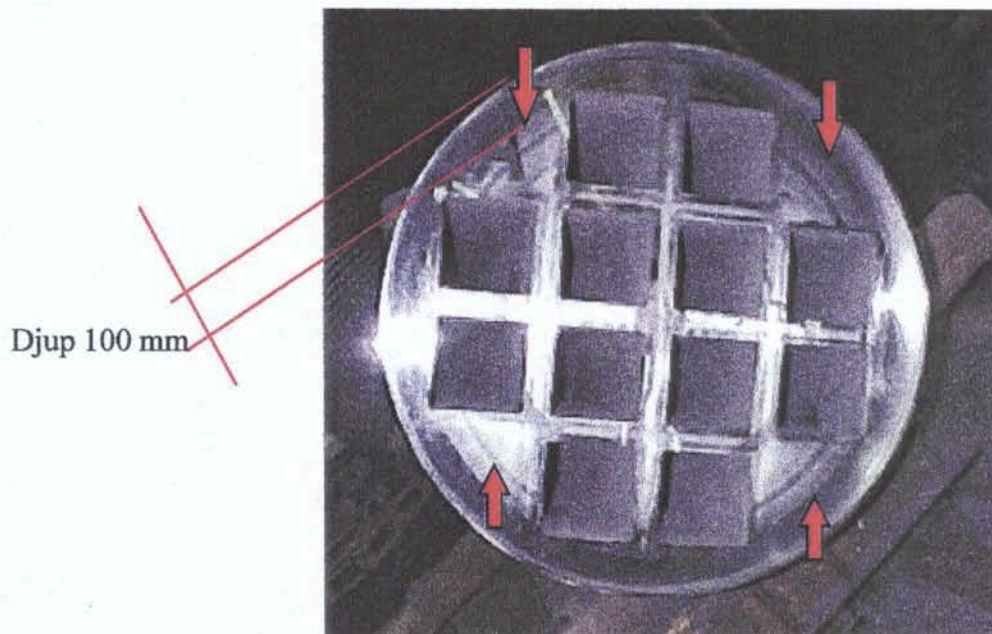
	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Cu (%)
SS 1306 (Krav)	Max 0,18	Max 0,60	Max 1,1	Max 0,035	Max 0,030	Max 0,3	Max 0,3
I 5	0,16	0,56	0,90	0,007	0,008	0,26	0,064
I 6	0,18	0,60	1,04	0,012	0,014	0,22	0,050

**TABELL 4-9. HÅLLFASTHETSVÄRDEN FÖR INSATSER I 5 OCH
I 6 I STÅLGJUTGODS. VIDGJUTNA PROVSTAVAR 14,0 MM**

	Sträck- gräns R_{eL} (N/mm ²)	Brott- gräns R_m (N/mm ²)	Brott- förlängning A₅ (%)	Kontrak- tion Z (%)	Slag- seghet K_v 0°C (J)	Hårdhet (HB)
SS 1306-02 (Krav)	Min 220	Min 400	Min 25	Min 45	Min 27	-
I 5	260	430	30	61	48, 60, 81	135
I 6	317	470	31	66	87, 93, 90	130

Provning utfördes även med penetrant och ultraljud. Gjutningen av I 5 får betraktas som ett första försök med stor osäkerhet om resultatet. I 5 uppvisade också omfattande förekomst av porositeter och även tvärsprickor mellan kanalerna. De ingjutna stålprofilerna var även delvis kraftigt deformerade p g a trycket och temperaturen från den smälta metallen vid gjutningen. Efter den gjutningen modifierades bl a gjutsystemet inför gjutningen av I 6 i syfte att förbättra resultatet. I 6 blev också klart bättre men även i den insatsen kunde porositeter och tvärsprickor mellan bränslekanalerna påvisas. Inre porositeter var i huvudsak lokaliserade till de tjockaste godspartierna i insatsen, se figur 4-6. Ytliga defekter både på mantelytan och båda ändytorna svetslagades och även den separata stål-botten svetsades på insatsen innan färdigbearbetningen (stålsorten i fråga har en bra svetsbarhet). Deformationen av bränslekanalerna var avsevärt mindre jämfört med I 5 och en tolk med storleken 154x154 mm och längden 2300 mm kunde föras ned till botten i samtliga kanaler. Se punkt 4.2 i KTS 011, bilaga 10.

I både I 5 och I 6 visade det sig också att det inte bildats någon nämnvärd metallisk bindning mellan stålprofilerna och stål gjutgodset.



Figur 4-6. Resultat av ultraljudprovning av insats I 6. Indikationer uppträdde utefter insatsens längd i de fyra godsanhopningarna som markerats med pilar. Storleken av defekterna var max 6 mm och företrädesvis på ett djup av ca 100 mm under ytan.

4.5.3 Insatser i segjärn

I segjärn har 7 insatser för BWR-element och 1 insats för PWR-element gjutits. Gjutningarna har utförts vid tre olika gjuterier. En skillnad mot stål gjutgods är att med segjärn kan insatserna direkt gjutas med integrerad botten. Insatserna I 7 t o m I 10 och I 12 har i allt väsentligt tillverkats på detta sätt och enligt ritning 00004-12/ 00 och 00002-1211/ 00 i bilaga 1 (smärre justeringar har gjorts under arbetets gång).

Det segjärn som används överensstämmer med svensk standard SS 140717-00. Den idag aktuella specifikationen för de gjutna insatserna i segjärn, KTS 011 finns i bilaga 10. Till skillnad från stål gjutgods behövs ingen värmebehandling efter gjutningen. Gjutgodset slås ut efter svalningen i formen och kan sedan bearbetas.

Erhållna materialdata, dels kemisk analys och dels hållfasthetsvärden från leveranscertifikat och hittills gjord egen provning, har sammanställts i tabellerna 4-10, 4-11 och 4-12.

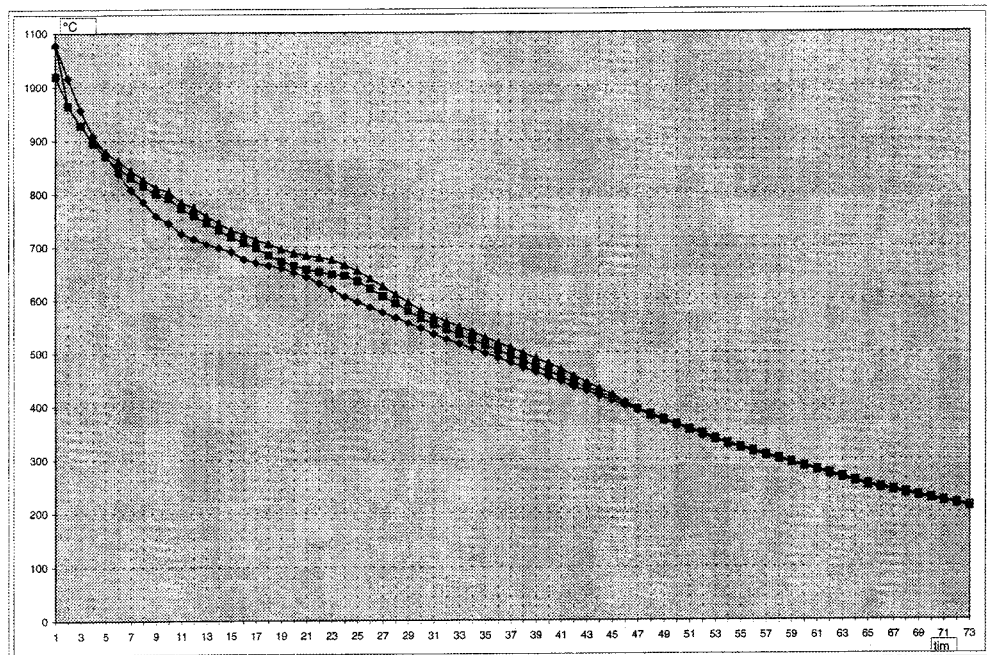
**TABELL 4-10. KEMISK ANALYS ENLIGT CERTIFIKAT FÖR
INSATSER I SEGJÄRN**

	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Ni (%)	Mg (%)	Cu (%)
SS 0717:	3,2-4,0	1,5-2,8	0,05-1,0	Max 0,02	Max 0,08	0-2,0	0,02-0,08	-
I 7	3,53	2,34	0,33	0,015	0,011	0,05	0,047	0,25
I 8	3,76	1,97	0,295	0,015	0,006	-	0,039	0,057
I 9	3,74	2,35	0,33	0,017	0,009	0,06	0,043	0,145
I 10	3,52	2,28	0,31	0,010	0,010	0,04	0,050	0,27
I 11	3,54	2,46	0,32	0,015	0,010	0,04	0,043	0,26
I 12	3,73	1,96	0,227	0,013	0,009	-	0,040	0,040
I 13	3,71	2,41	0,36	0,013	0,01	0,05	0,043	0,157
PWR nr 1	3,60	2,54	0,33	0,019	0,012	0,03	0,051	0,21

**TABELL 4-11. HÅLLFASTHETSVÄRDEN FÖR INSATSER I
SEGJÄRN. VIDGJUTNA PROVSTAVAR**

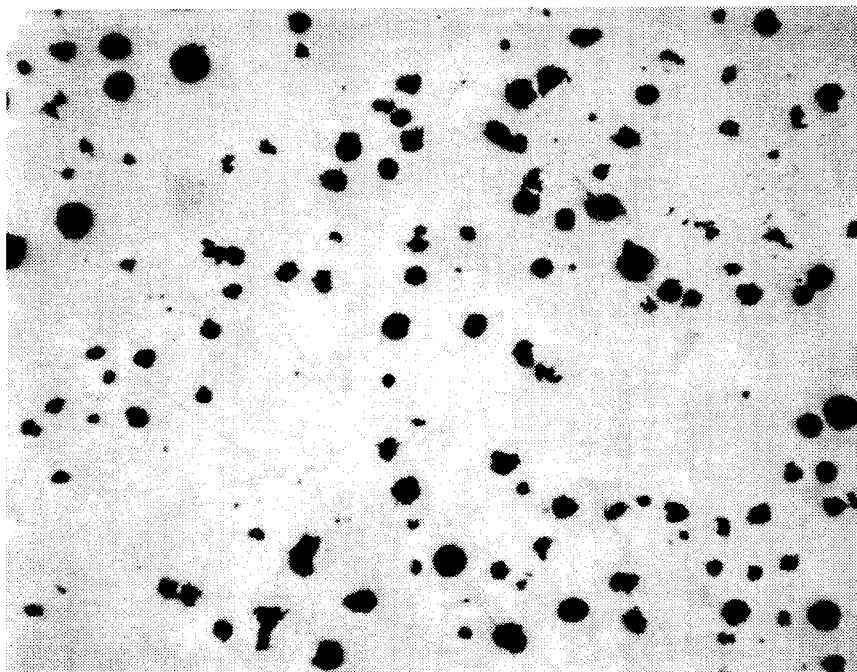
	Sträckgräns $R_{p0,2}$ (N/mm²)	Brottgräns R_m (N/mm²)	Brott- förlängning A_5 (%)	Hårdhet (HB)
SS 0717-00	(250-320)	(400-520)	(26-15)	135-180
I 7	274	450	20	149
I 8	230	370	22	121
I 9	282	390	20	139
I 10	290	426	22	149
I 11	305	420	21	150
I 12	225	364	23	123
I 13	263	372	13	132
PWR nr 1	280	420	22	150

En av dessa insatser, I 7, har undersökts mera i detalj. I samband med gjutningen applicerades termoelement i botten, mitten och toppen av insatsen och mot ytan. Figur 4-7 visar de tre svalningskurvorna. Temperaturen av smältan vid gjutningens början var 1350 °C.



Figur 4-7. Svalningskurvor för insats I 7. Termoelementen var applicerade i gjutformen mot gjutgodsets yta vid botten mitten och toppen av insatsen. Gjuttemperatur 1350 °C.

Strukturen undersöktes i en vidgjuten provstav, figur 4-8. Strukturen är i huvudsak ferritisk med inslag av perlit (97% ferrit). Grafiten har klassificerats som VI 6 enligt ISO 945 – 1975. Detta överensstämmer med kraven i standarden.



Figur 4-8. Strukturen i vidgjuten provstav till insats I 7. Etsat 2% Nital. (100x).

I 7 kapades även upp i mindre delar bl a för att kunna utföra materialundersökning av godset i själva insatsen. Provtavlar för dragprovning och kompressionsprovning togs ur de tjockaste godspartierna dels i botten av insatsen och dels på halva höjden. Tabell 4-12 nedan visar resultaten av dessa prov.

Dragproven utfördes enligt SS-EN 10002 och kompressionsproven enligt ASTM E9 – 89A.

TABELL 4-12. RESULTAT AV DRAGPROV OCH KOMPRESSIÖNSPROV AV INSATS I 7.

	Dragprov			Kompressionsprov
	Sträckgräns $R_{p0,2}$ (N/mm ²)	Brottgräns R_m (N/mm ²)	Brottförlängn A_5 (%)	Stukgräns $R_{c0,2}$ (N/mm ²)
Provtavlar tagna ur bottendelen av insatsen	289	419	-	304
	291	447	8	302
	291	437	8	303
Provtavlar tagna på halva höjden av insatsen	274	415	9	305
	274	414	10	302
	273	401	8	302

Man kan konstatera att värdena på sträck- och brottgräns har en bra överensstämmelse med motsvarande värden i tabell 4-11 från de vidgjutna provstaverna tillhörande insats I 7. Förlängningsvärdena i tabell 4-12 är däremot klart lägre. Detta kan bero på en grövre kristallstruktur i de tjockare partierna av själva insatsen. Detta skall utredas ytterligare.

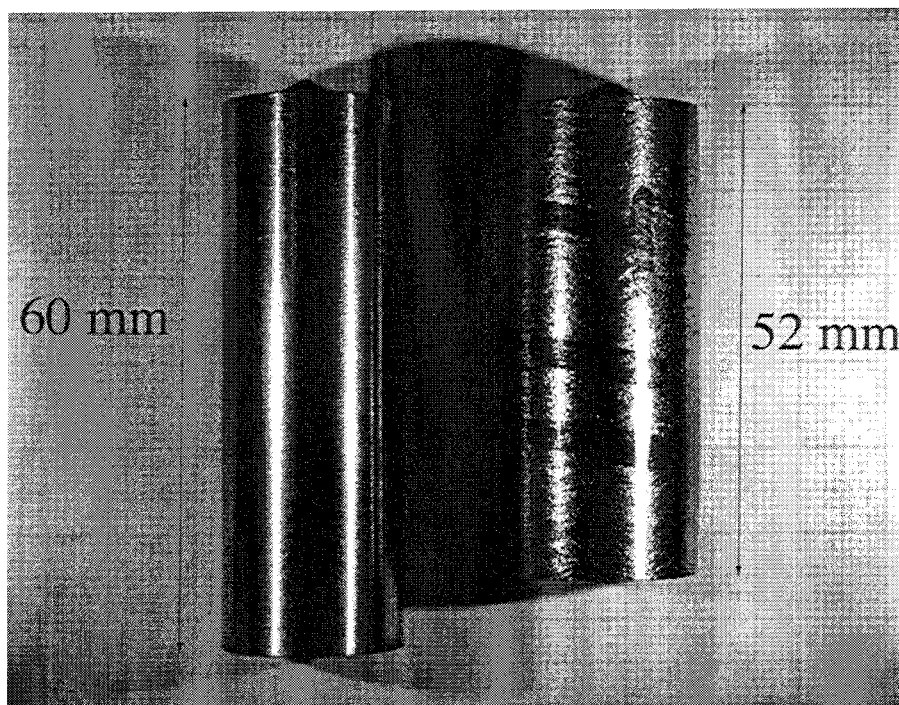
I figur 4-9 visas ett foto av de cylindriska provstavar som användes vid kompressionsproven.

Liksom i fallet med stålglutgods har det kunnat konstateras att det inte finns någon sammanhängande metallisk bindning mellan stålprofilväggar och segjärnet.

Provning med ultraljud och penetrant har utförts på de gjutna insatserna. Som påpekats ovan har gjutningarna utförts vid tre olika gjuterier. Väsentligen har det visat sig att segjärnet är homogent och fritt från defekter. I ett par fall av de första proven har man råkat ut för mindre genombrott av metallsmälta genom profilväggar eller att stålprofiler lossnat och rört sig vid gjutningen. Detta kan medföra inhomogeniteter i godset som också ger indikationer vid ultraljudprovning. Det har dock visat sig att dessa problem kan lösas genom gjuteritekniska åtgärder.

En fortsatt utveckling av kravspecifikationen enligt KTS 011 i bilaga 10 kommer att ske i det fortsatta arbetet.

Sammanfattningsvis kan det efter de utförda proven konstateras att gjutning i segjärn sannolikt är en bra metod för tillverkning av insatser till kapslar.



Figur 4-9. Cylindriska provstavar ur insatsen I 7 före och efter kompressionsprov.

4.5.4 Jämförelse mellan segjärn och stål gjutgods i insatser

Som framgått har provgjutningar av insatser utförts både i segjärn och stål gjutgods. De utförda proven har visat att segjärn har flera fördelar jämfört med stål gjutgods i denna tillämpning. Segjärn har en bättre gjutbarhet vilket bl a gör att insatserna kan gjutas med botten som en integrerad del. I fallet stål gjutgods måste en separat stål botten tillverkas och svetsas på insatsen.

En annan egenskap som åtminstone i detta fall är till nackdel för stål gjutgods är en betydligt större stelningsskrumpning. Detta ökar benägenheten för uppkomsten av porositeter i godset och i vårt fall sannolikt även risken för tvärsprickor.

Insatser i stål gjutgods måste värmebehandlas innan maskinbearbetning för önskad struktur och bearbetbarhet hos materialet. Detta innebär en fördyring.

Slutsatsen av detta är att segjärn idag är det enda aktuella materialet för de gjutna insatserna.

4.5.5 Konstruktiv utveckling av BWR-insatser och utformning av PWR-insatser

En förbättring av konstruktionen av BWR-insatserna som i huvudsak är av gjuteriteknisk natur har gjorts. För att få en jämnare gods fördelning av gjutjärnet har provgjutningar utförts med en modifierad kassett enligt ritning 00002-1211-1/ B i bilaga 3. I denna version har speciella ”kylrör” i runddimension lagts in i de fyra godsanhopningar som kommenterades i figur 4-6. Avsikten är att få ett jämnare stelning- och svalningsförlopp med mindre risk för gjutdefekter. Insatser med numren I 11 och I 13 i avsnitt 4.5.3 ovan har gjutits med denna konstruktionslösning. Det finns ytterligare en fördel med dessa kylrör och det är att de kommer att kunna användas för montering av lyftdon vid isättning av insatserna i kopparrören.

En insats i PWR-utförande har gjutits vilket kommenterats i avsnitt 4.5.3. I bilaga 4 finns 5 ritningar som visar den aktuella konstruktionen. Den färdigbearbetade insatsen har ritningsnummer 00005-12/ B och tillhörande kassett av stålprofiler ritningsnummer 00005-1211/ C. Som framgår har även i detta fall extra ”kylrör”, nu med rektangulär profil, lagts in i konstruktionen med samma syfte som diskuterats ovan. Figur 4-10 är ett foto av insats I 11 och denna första PWR-insats.



Figur 4- 10. Gjutna insatser i segjärn enligt den utvecklade konstruktionen med extra "kylrör" för jämnare gods fördelning. Insats I 11 till vänster i bilden och den första PWR-insatsen som tillverkats till höger.

4.5.6 Sammansättning av kompletta kapslar

Under 1998 och 1999 kommer 8 – 9 kompletta kapslar att sättas samman och användas i olika projekt vid Äspölaboratoriet. Ett antal av dessa kapslar kommer att förses med invändiga elektriska värmare för simulering av den restvärme som använt kärnbränsle avger. En första kapsel, C 3, har monterats hos Kockums Industrier AB i Malmö för test av värmelement och reglerutrustning. Se figur 4-11 och 4-12. Vid provningen kommer även temperaturmätningar att utföras på ett antal punkter inuti kapseln och på kapselns ytteryta med olika nivåer på tillförd effekt för värmelementen.



Figur 4-11. Hopsättning av komplett kapsel, C 3. Insatsen (I 10) sänks ned i kopparhöljet (T 9 och TB 3).



Figur 4-12. Värmelement med samma mått som BWR-bränslet placeras i insatsens kanaler. Kapseln är försedd med ett antal termoelement både invändigt och utvändigt.

5 STUDIER AV ALTERNATIV TILLVERKNINGSTEKNIK OCH UTVECKLING AV TEKNIK

5.1 ALTERNATIVA METODER FÖR TILLVERKNING AV KOPPARRÖR, HET ISOSTATISK PRESSNING, SPRAY- FORMING OCH ELEKTRODEPONERING

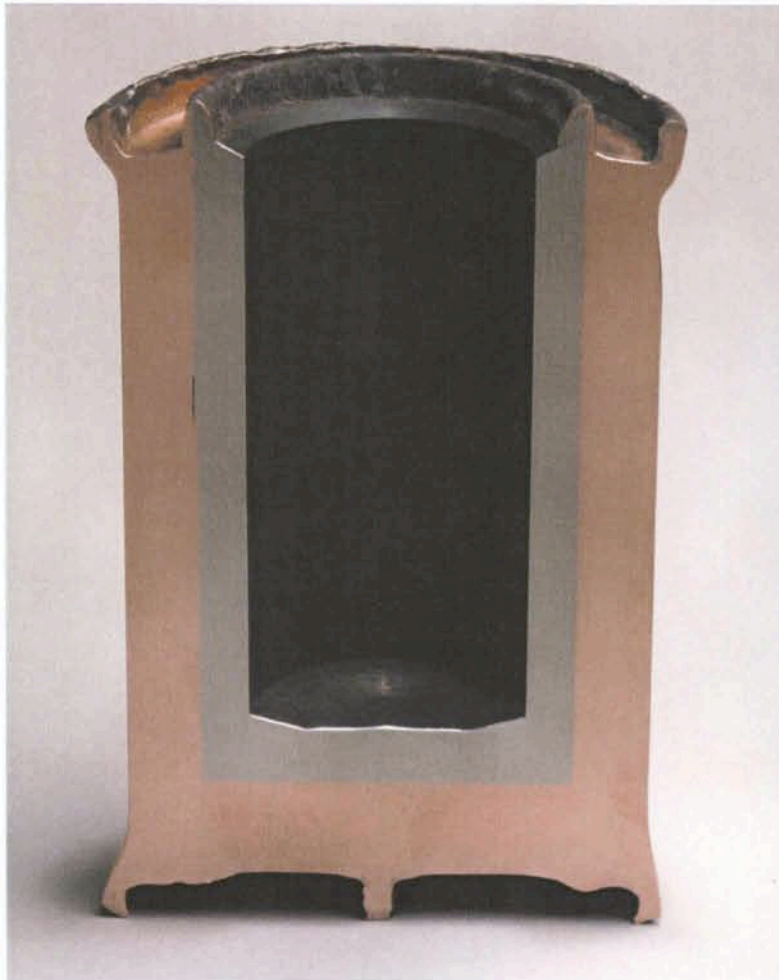
5.1.1 Het Isostatisk Pressning, HIP

Het Isostatisk Pressning innebär att materialet, som vanligtvis utgörs av pulver, men som även kan bestå av homogena delar, utsätts för yttre tryck. Genom temperaturhöjningen sker mellan metallytorna, som pressas mot varandra, en deformations- och diffusionsprocess. Detta medför att metallytorna fogas samman och vid rätt valda parametrar för tryck, temperatur och tid sker en fullständig sammanfogning och ett tätt och homogent material bildas.

Het Isostatisk Pressning av pulver vid tillverkning av SKB:s kopparkapslar har studerats sedan början på 80-talet. I FUD 95, referens [1], finns en beskrivning av den verksamheten med ett antal ytterligare referenser. Det kan konstateras att ett stort problem är att få tillgång till kopparpulver av tillräckligt god kvalitet. Det kopparpulver som finns på marknaden innehåller oxider på partiklarnas ytor. Problemen med föroreningar har gjort att några nya försök med HIP av kopparpulver ej har utförts och att något fortsatt arbete med detta i dagens läge inte är aktuellt.

Ett alternativ som föreslagits i avsikt att undvika problemen med kopparpulver är att i stället använda plåt som utgångsmaterial. En tjockväggig komponent uppbyggd av förhållandevis tunn plåt bör efter HIP kunna få goda materialegenskaper om plåtarna kan göras helt rena från ytoxider och andra föroreningar innan HIP-processen.

Ett antal laboratorieprov som bygger på denna idé har genomförts. Figur 5-1 visar en modell av en kopparkapsel med höjden 180 mm där ett försök har gjorts att hetisostatpressa kopparplåt mot en stålinsats. Botten består av tio lager 2 mm tjock kopparplåt och väggarna av åtta lager.



Figur 5-1. Bilden visar hur kopparplåt har densifierats genom het isostatisk pressning och hur kopparmaterialet ansluter mot stålinsatsen. Botten består av tio lager 2 mm tjock plåt och väggarna av åtta lager.

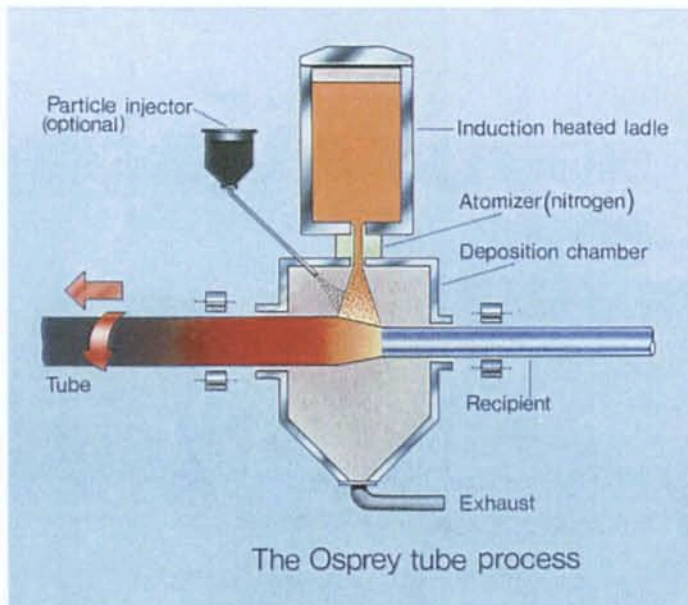
Sammantaget har proven återigen visat att föroreningar, i det här fallet på plåtytorna, är ett stort problem. Försök med olika rengöringsmetoder, både mekanisk rengöring och kemisk rengöring, har gjorts. En god metallisk bindning erhålls delvis men det har inte varit möjligt att nå en acceptabel total homogenitet i materialet.

Försöken med denna teknik har avslutats och någon fortsättning är idag inte aktuell.

5.1.2 Sprayforming

Sprayforming är en pulvermetallurgisk metod för att direkt överföra smält metall till en fast kropp. Smältan sönderdelas med kvävgas till små droppar som stelnar snabbt genom kylning med kvävgas. De stelnande dropparna slås ihop till en solid kropp med hög täthet. Metoden tillämpas idag industriellt av Osprey Metals Ltd. Den används för tillverkning av verktygsstål, snabbstål, rostfritt stål, nickelbaslegeringar samt titan-

aluminium- och kopparlegeringar. Principen för tillverkning av rör med denna metod framgår av figur 5-2.



Figur 5-2. Tillverkning av rör med ospreyprocessen.

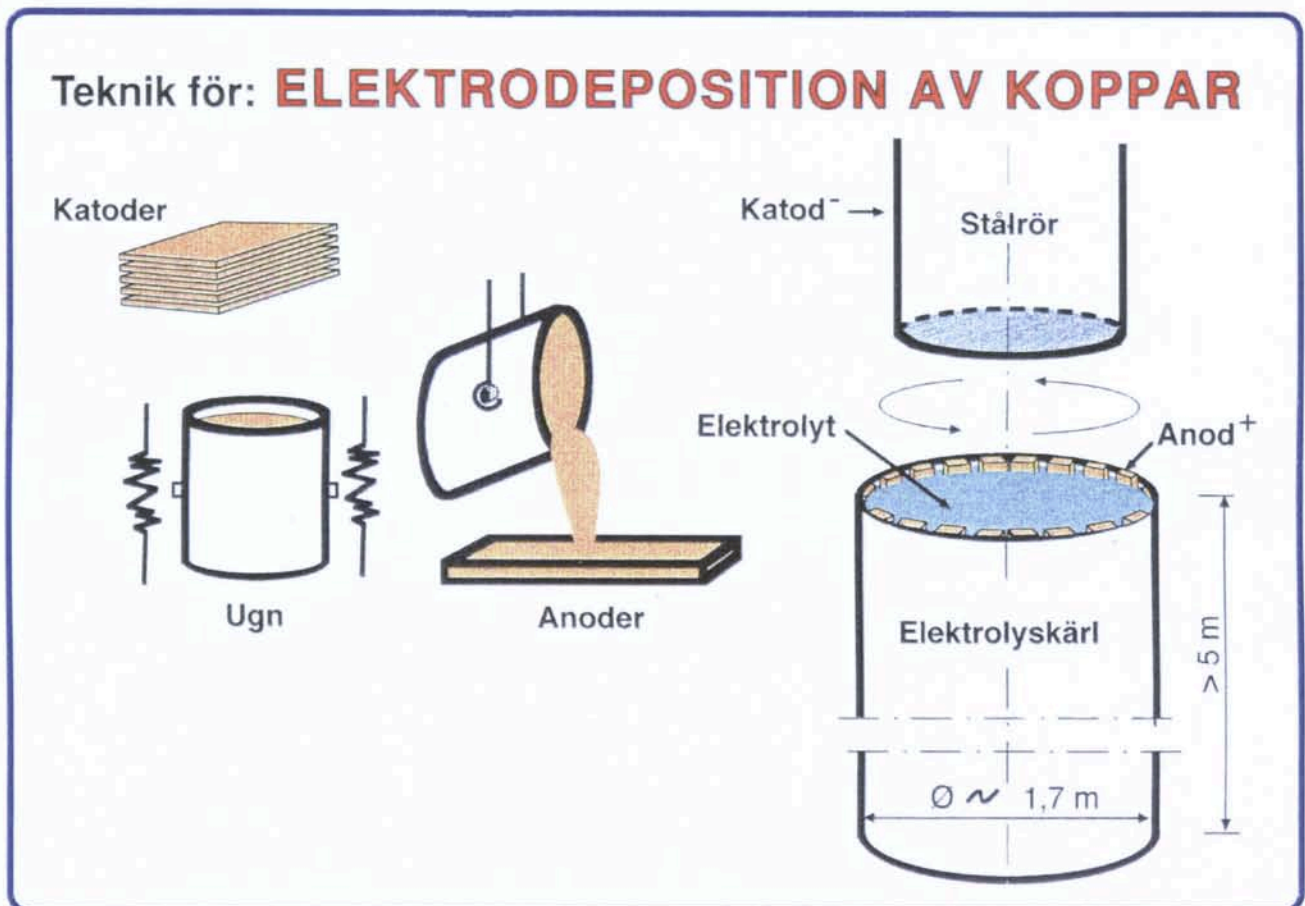
Möjligheterna att tillverka kopparkapslar med sprayforming har undersökts. Utredningen visade att ren koppar sannolikt ej kan tillverkas porfritt. Den kopparlegering som är aktuell för SKB:s kopparkapslar saknar legerings-element som kan binda kväve. Detta medför att kvävgas som används i processen kan bli inkapslat i metallen och ge upphov till porer. En väg att kringgå detta skulle kunna vara att legera kopparn med t ex Zr som är en stark kvävebindare.

På grund av dessa svårigheter har SKB dock beslutat att, i nuläget, inte arbeta vidare med sprayforming.

5.1.3 Elektrodeponering

Elektrokemisk koppardeponering eller elektrolys är en väl känd teknik för att transportera koppar i en vätska. Metoden har en central betydelse i framställningsprocessen för koppar där den används för tillverkning av kopparkatodplattor. Det är ett reningsförfarande där råkoppar efter att ha gjutits till plattor raffineras elektrolytiskt och bildar högren koppar i form av katodplattor.

Förslaget att använda denna teknik för tillverkning av SKB:s kopparkapslar kom ursprungligen från Boliden Mineral AB. Förslaget innebär att insatsen direkt beläggs med koppar genom elektrolys. Figur 5-3 är en schematisk skiss över hur processen skulle kunna fungera.



Figur 5-3. Elektrodeponering av koppar.

Metoden skulle i korthet innebära att koppar av god kvalitet smälts och gjuts till stavformade anoder. Dessa stavar monteras på insidan av det elektrolyskärl som skall utgöra cell för elektrolytprocessen. Insatsen kopplas som katod och elektrolyskärl med tillhörande kopparstavar som anod. Elektrolyten består i huvudsak av kopparsulfat och svavelsyra. Parametrar för strömtäthet, elektrolytsammansättning, inhibitorer, temperatur mm väljs och processen får pågå tills ett tillräckligt tjockt lager med koppar har

bildats på insatsen. En sådan här deponering kommer att vara relativt tidskrävande och pågå under flera dygn. Deponeringshastigheten är uppskattad till 1-2 mm/dygn.

Elektrolytiskt belagd koppar har en extremt finkornig struktur. Denna kan modifieras genom värmebehandling om detta behövs.

En studie av tekniken har för SKB:s räkning utförts av Luleå Tekniska Universitet. I samband med detta har en elektrolyscell byggts i laboratoriet för orienterande försök. Avsikten har varit att utföra några preliminära studier av inverkan av olika processparametrar. Syftet har också varit att framställa material för att kunna utföra metallografiska undersökningar och provning av mekaniska egenskaper på koppar som framställts på detta sätt.

En rad försöksbetingelser har provats och kopparplattor har tillverkats för utvärdering. Resultaten håller för närvarande på att sammanställas och en utvärdering kommer att göras. Det är idag osäkert om SKB kommer att fortsätta att arbeta med denna teknik.

5.2 UTVECKLING AV STÅLLOCK TILL INSATSER

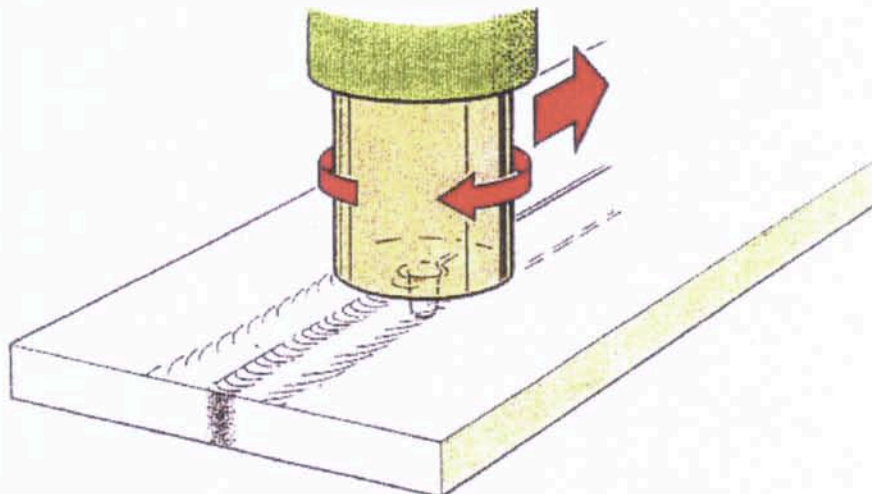
Ett av momenten i den framtida inkapslingsprocessen är att efter att bränsleelementen sänkts ned i kapselns insats pumpa ur den kvarvarande luften och ersätta denna med argon. Detta skall ske genom en ventil i det stållock som täcker insatsen. Vid den senare EB-svetsningen av kopparlocket kommer insatsen att ha ett inre övertryck jämfört med lufttrycket i svetskammaren. Av den anledningen måste insatslocket sluta tätt. Den hittills aktuella utformningen av lock till insats framgår av ritningarna 00003-21/ 00 och 00003-211/ 00. Stållocken läggs på insatsen och skruvas fast med en centrumbult. Locket tätas med hjälp av O-ringar som ligger an mot insatsytan.

Ett täthetsprov av insatslocket skall kunna utföras efter atmosfärsbytet. Tryckprovning med olika varianter av lockutformning och tätningar har utförts. Ritning TEST-00005-3/ A visar en alternativ lockutformning. I detta fall är locket konstruerat för att passa in i en konisk infattning i insatsen och med O-ringar som skall täta mot dessa koniska ytor. Denna konstruktion har hittills fungerat bra i de prov som utförts. De fortsatta proven får utvisa om denna lockutformning kommer att ersätta den tidigare.

5.3

UTVECKLING AV SVETSTEKNIKEN, FRICTION STIR WELDING

Preliminära studier av en alternativ svetsteknik har påbörjats av SKB. Liksom i fallet med elektronstrålesvetsning sker arbetet i samarbete med TWI. Principen för Friction Stir Welding (FSW) visas i figur 5-4. Metoden har utvecklats och även patenterats av TWI.



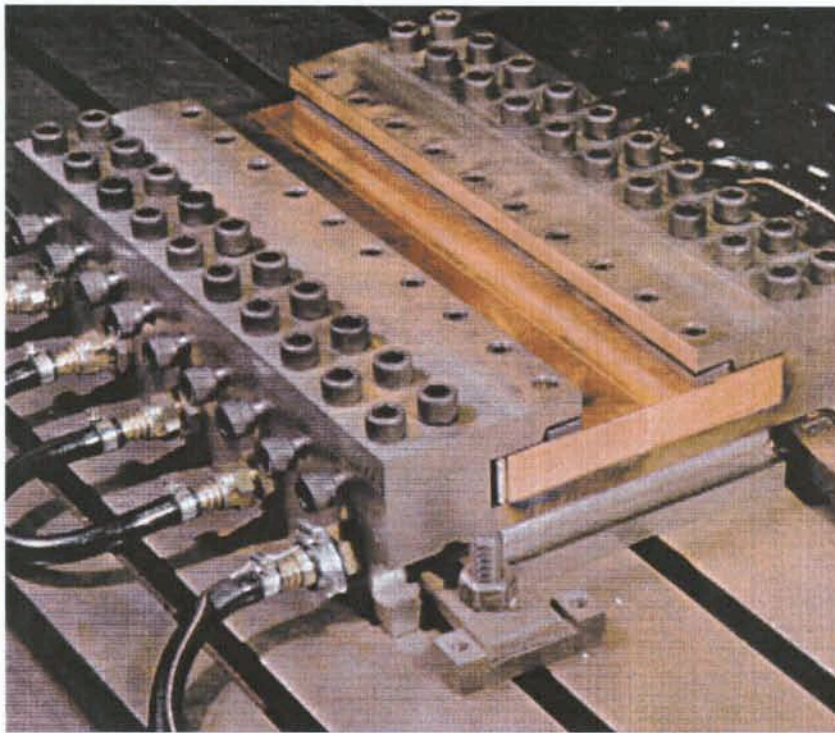
Figur 5-4. Sammanfogning med friction stir welding.

Vid FSW används ett speciellt utformat roterande verktyg. Detta är försett med en spets som pressas ned mellan fogyterna. När verktyget roterar och rör sig längs fogen alstras värme och man får en sammanvällning av metalldelarna. Temperaturen blir så hög att metallen blir mjuk och formbar. Till skillnad mot EB-svetsning smälter inte materialet vid fogningen.

Hittills har metoden använts i första hand för fogning av aluminium i flygmarin- och fordonsindustrin.

SKB och TWI har utfört preliminära försök med att foga koppar med denna teknik. Figur 5-5 visar två kopparplåtar som monterats i en vattenkyld fixtur för sammanfogning med FSW. Hittills har provsvetsningar med olika parametrar utförts på upp till 40 mm tjockt material. Ett resultat från svetsning av 40 mm tjocka plåtar visas i figur 5-6. Den ursprungliga fogen ligger alltså mitt emellan de två "knorrarna" upptill i bild. Dessa bildas ju av det roterande verktygets undersida vid friktionen mot plåtarnas ovansida, se figur 5-4. Knorrarna kommer sedan att tas bort i den efterföljande maskinbearbetningen. Storleken på knorrarna kan påverkas av verktygets utformning. Som synes i figur 5-6 har strukturen i detta fall en förhållandevis jämn kornstorlek genom hela det påverkade området.

SKB och TWI utvärderar för närvarande de hittills genomförda provsvetsarna och planerar för en fortsättning av projektet.



Figur 5-5. Vattenkyld fixtur för fogning av kopparplåtar med FSW.



Figur 5-6. Svetszonen i 40 mm tjocka kopparplåtar efter FSW.

6 KVALITETSSYSTEM FÖR KAPSELTILLVERKNING

6.1 ALLMÄNT

Utvecklingen av ett kvalitetssystem enligt kraven i ISO 9001 och IAEA 50-C-QA för kapseltillverkning påbörjades under 1997 och pågår kontinuerligt i samband med provtillverkningen. Kvalitetssystemet är anpassat till de krav som ställs i överordnade dokument inom SKB och omfattar hela tillverkningskedjan från materialleverantörer till och med leverans av färdiga kapslar.

6.2 KVALITETSHANDBOKEN

Kvalitetshandbok - Kapseltillverkning sammanfattar kvalitetssystemet för kapseltillverkning. I handboken ges hänvisningar till speciella rutinbeskrivningar och andra styrande dokument. Det aktuella innehållet i Kvalitetshandboken framgår av bilaga 6.

I handboken beskrivs rutiner som har direkt eller indirekt påverkan på kvaliteten hos kapslar och komponenter till dessa. Aktiviteter i samband med förslutningssvetsning av lock till kapslarna berörs dock inte. Handboken anger också krav på kvalitetssystem hos leverantörer av främst komponenter till kapslar och på SKB:s övervakning av att sådana krav uppfylls.

Handboken innehåller även en ordlista på svenska och engelska, främst avsedd för samordning av terminologin mellan handboken och tillhörande rutiner skrivna på engelska. Handboken har distribuerats i numrerade exemplar med personlig mottagare.

Till kvalitetssystemet hör även en separat pärm med "Ritningar, Specifikationer och Rutiner". Som framgår av namnet innehåller pärmen aktuella konstruktionsritningar och de tekniska specifikationer som redan kommenterats ovan: KTS 001 "Material for Copper Canisters", KTS 011 "Nodular Cast Iron SS 0717 Insert" och KTS 021 "Steel Section Cassette", bilaga 9,10 och 11.

Vidare finns i denna pärm de för tillfället aktuella rutinbeskrivningarna. En förteckning över dessa finns i bilaga 7. Rutinbeskrivningarna och tekniska specifikationer är skrivna på engelska för att kunna användas även av utländska leverantörer.

7 FRAMTIDA PRODUKTION AV KAPSLAR - KAPSELFABRIK

Tomma kapslar kommer att tillverkas i en speciell kapselfabrik och transporteras därifrån till inkapslingsanläggningen. En preliminär utredning om utformning av en sådan fabrik har gjorts, referens 4.

I bilaga 12 finns ett schema som beskriver flödet genom den tänkta fabriken. Kopparrören tillverkas i detta fall genom rullformning av valsad plåt till rörhalvor och svetsas samman med längsgående elektronstrålesvetsning, EB-svetsning. Efter längssvetsningen följer en avspänningsglödning och ut-och invändig maskinbearbetning till färdiga mått. Lock och bottenar i koppar maskinbearbetas fram ur förformade smidda ämnen. Kopparbottenarna EB-svetsas därefter på rören. Alla svetsar kontrolleras med ultraljud och röntgen som oförstörande provning.

Planeringen av fabriken är gjord så att ämnesmaterial i form av valsad kopparplåt och smidda ämnen för lock och bottenar levereras till fabriken från externa leverantörer.

Insatserna i segjärn levereras gjutna och grovbearbetade till fabriken för färdigbearbetning. Ämnen till insatslock är tillverkade ur valsad stålplåt och färdigbearbetas i fabriken.

Efter rengöring lyfts insatsen ned i kopparröret och kapseln färdigställs för leverans.

En grundläggande princip i fabriken layout är att hålla isär koppar och segjärn hela vägen från godsmottagning och genom bearbetningen fram till hopsättningen.



Figur 7-1. Kapselfabrik.

I bilaga 12 finns, förutom flödesschemat, fyra sidor som beskriver fabriken.

Med lokaler för underhållsverkstad, kontor och kontrollaboratorium kommer fabriksbyggnaden med denna utformning att omfatta ca 7000 m² och de totala investeringskostnaderna har beräknats till ca 300 MSEK. Personalbehovet kan uppskattas till ca 30 personer. Om kopparrören kommer att tillverkas från sömlösa rörämnen i stället för valsad plåt kommer detta att relativt väsentligt påverka behovet av maskiner och golvyta.

En speciell fabrik för kapseltillverkning har flera fördelar:

- Den maskinella utrustningen, utrustning för oförstörande provning och laboratorieutrustning kommer att vara speciellt anpassad till just denna produktion.
- Parallell färdigbearbetning i samma byggnad av insatser och kopparrör borgar för rena ytor vid svetsning och sammansättning till färdiga kapslar.
- En organisatorisk enhet med överblick över hela kvalitetskedjan från leverantörer till färdig produkt.

En studie har även gjorts som allmänt belyser kopparmarknaden med avseende på tillgång, tillverkningsprocesser, miljöpåverkan och priser, referens 6.

8 FORTSATT ARBETE

Baserat på de hittills erhållna resultaten kommer arbetet med att prova och vidareutveckla tillverkningstekniken att fortsätta. Det arbete som utförts hittills har visat att SKB har ett koncept för kapselutformning och kapseltillverkning som sannolikt kan optimeras och testas under de närmaste åren så att det fungerar i produktionsmässig skala. Dagsläget och planerna för det fortsatta arbetet kan sammanfattas på följande sätt:

- För tillverkning av kopparrör är rullformning av valsad kopparplåt till rörhalvor och längssvetsning en metod som nu provats på relativt många rör och som troligen kan utvecklas till en fungerande produktionsmetod. De utförda försöken med sömlös rörtillverkning har emellertid visat så lovande resultat att den närmaste inriktningen på rörtillverkning blir fortsatt utprovning av extrudering och dornpressning. I dagens läge är ingen ny tillverkning av längssvetsade rör planerad. I samband med den fortsatta verksamheten kommer nya tillverkningsprov av rör med tunnare godstjocklek att genomföras, (30 mm i färdig kapsel).
- De utförda tillverkningsproven av lock och botten i koppar har visat att tillverkning från förformade smidda ämnen ger önskat resultat. För kommande smide av ämnen planeras tillverkning av smidesverktyg som konstrueras speciellt för detta ändamål.
- Elektronstrålesvetsning av botten på kopparrören kan sannolikt vidareutvecklas till en fungerande produktionsmetod. Någon svetsning har ännu inte utförts i en för ändamålet anpassad svetsutrustning med reducerat tryck. Detta kommer att kunna utföras i Kapsellaboratoriet.
- Gjutning av insatser i segjärn med integrerad botten kommer med stor sannolikhet att kunna utföras i serieproduktion med god och jämn kvalitet. Den fortsatta tillverkningen kommer att ske med den utvecklade konstruktionen med inlagda ”kylrör” som beskrivits ovan för både BWR- och PWR-insatser.
- När det gäller insatslocken förefaller i dagens läge konstruktionen med konisk periferi som beskrivits ovan sannolikt att vara den lämpligaste lösningen. Fortsatta prov med denna utformning kommer att utföras.
- Ett kvalitetssystem för kapseltillverkning enligt kraven i ISO 9001 har utformats och implementeras nu successivt. Ett viktigt arbetsområde i samband med kvalitetsstyrningen är att fastställa acceptanskriterier för samtliga kapseldelar och att utveckla och fastställa nödvändiga provmetoder. En särskild plan för detta arbete skall utformas.
- En första studie av en tänkbar utformning av en kapselfabrik har utförts. Arbetet med detta kommer att fortsätta mera i detalj.

9 REFERENSER

1. SKB FUD-program 95

Kärnkraftsavfallets behandling och slutförvaring
Kap 6. Kunskapsläge – Kapsel och inkapsling
Kap 7. Program för kapsel och inkapsling
SKB Stockholm, september 1995.

2. J. Eriksson 1995

Provtillverkning av kopparkapslar för slutförvaring av använt kärnbränsle.
SKB Inkapsling PR 95-12

3. L. Werme 1998

Konstruktionsförutsättningar för kapsel för använt kärnbränsle.
SKB Rapport R-98-08

4. C-G Andersson 1997

Utformning av en produktionsenhet för tillverkning av kapslar för slutförvaring av använt kärnbränsle. Version 1
SKB Inkapsling PR 97-05

5. Video – Kapseltillverkning 1998

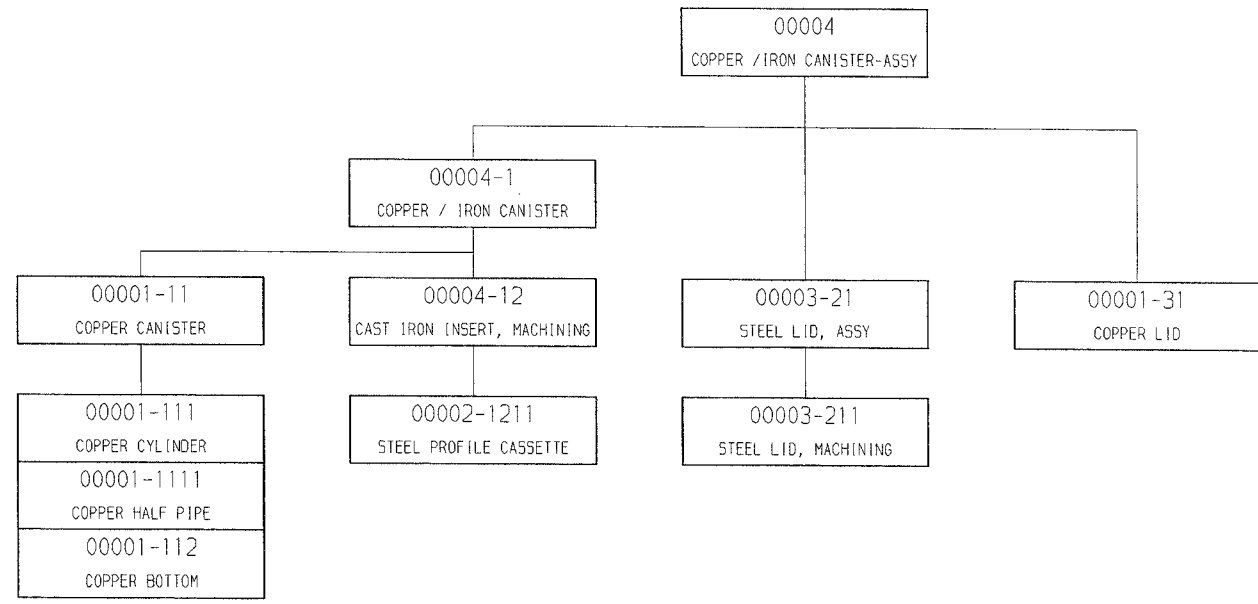
SKB Informationsvideo (11 min). Producerad av Datamotion


6. M Burström 1996

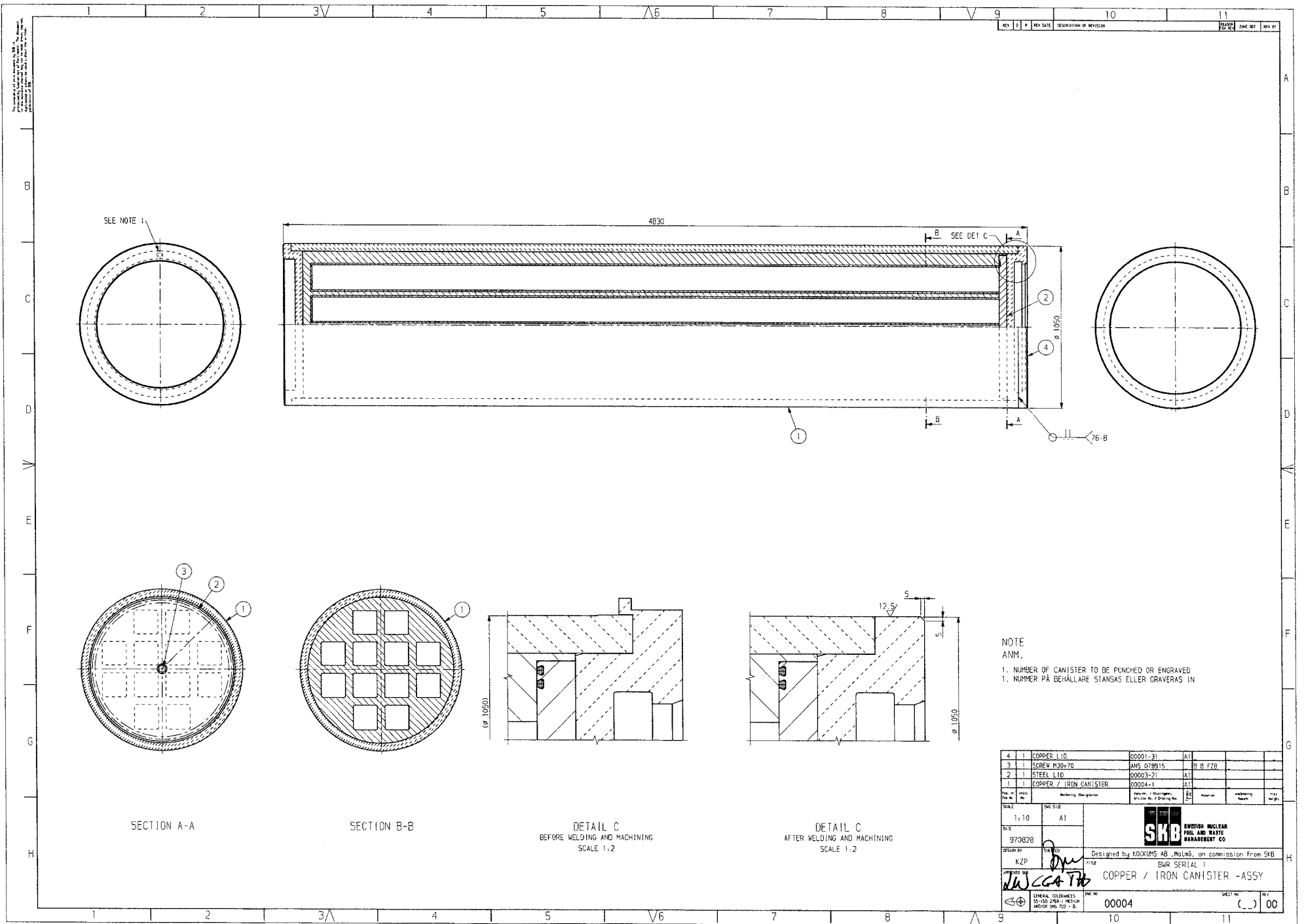
Kopparmarknaden
SKB Inkapsling PR 97-03

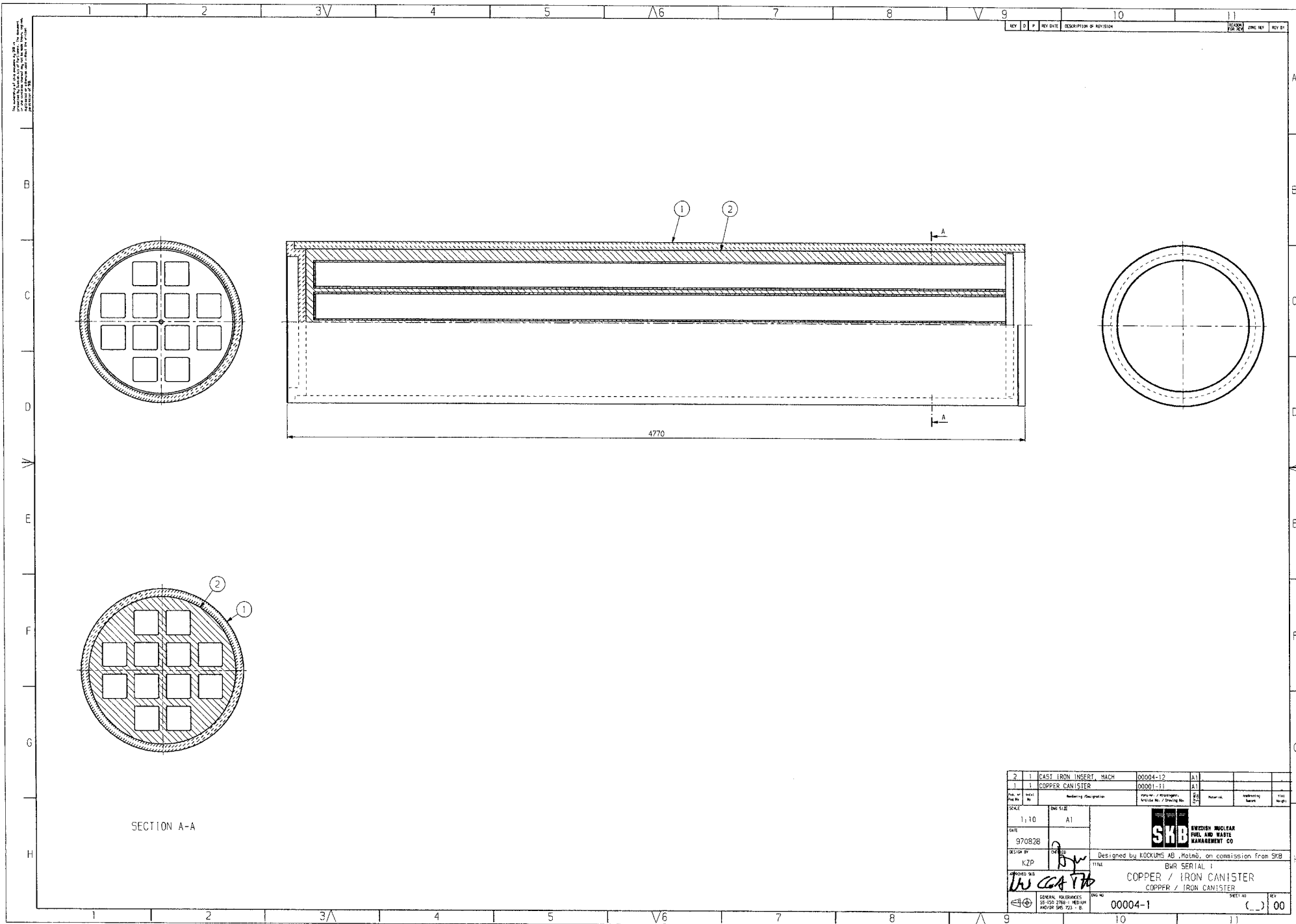
The responsibility of this document is held by SKB, the
 protecting Swedish Act of Parliament. The document
 is not to be used for any other purpose without the
 permission of SKB.

REV	D	P	REV DATE	DESCRIPTION OF REVISION	REASON FOR REV	ZONE REF	REV BY
-----	---	---	----------	-------------------------	----------------	----------	--------





SCALE 1:1	DWG SIZE A2	 SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO
DATE 970828	DESIGNED BY KZP	
DESIGN BY KZP	CHECKED <i>Bjw</i>	Designed by KOCKUMS AB, Malmö, on commission from SKB
APPROVED SKB <i>LW CGA TH</i>		TITLE BWR SERIAL 1 DRAWING LIST COPPER / IRON CANISTER
GENERAL TOLERANCES SS-150 2768-1 MED1JM AND/OR SHS 723 - B:	DWG NO 00004-999	SHEET NO ()
		REV 00

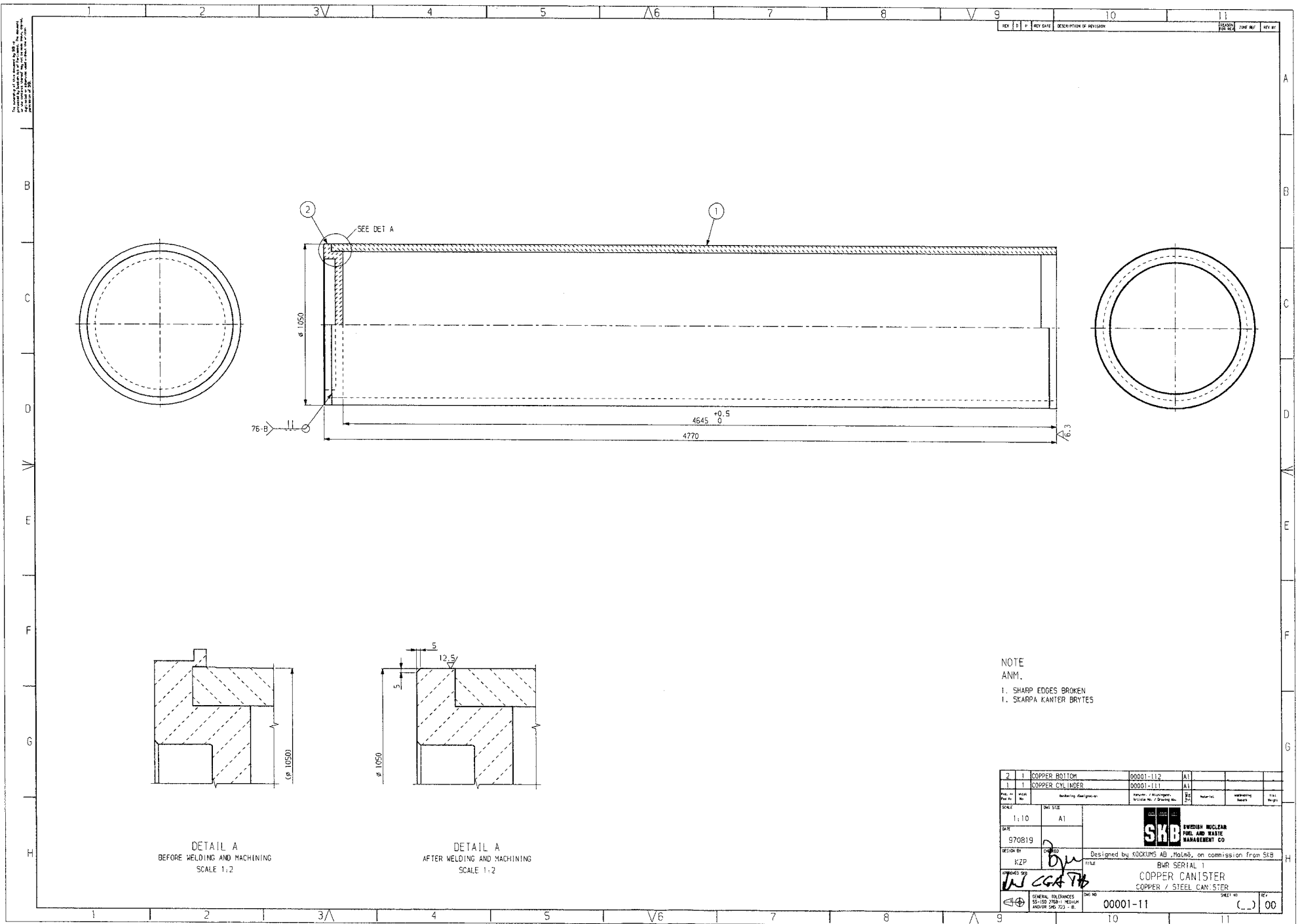




REV	DATE	DESCRIPTION OF REVISION	DESIGNED BY	CHECKED BY	REV BY

SECTION A-A

2	1	CAST IRON INSERT, MACH	00004-12	A1				
1	1	COPPER CANISTER	00001-11	A1				
Part no.		Manufacturing designation		Material	Manufacturing base	Part weight		
SCALE		Dwg size						
1:10		A1						
DATE		DESIGNED BY		 SKB SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO Designed by KOCKUMS AB, Malmö, on commission from SKB				
970828		KZP						
PROJECT NO.		DRAWN BY		BWR SERIAL 1 COPPER / IRON CANISTER COPPER / IRON CANISTER				
 GENERAL INFORMATION SS 152 2281 - REDUK AND/OR SS 723 - B		Dwg no.		00004-1		SHEET NO.		00



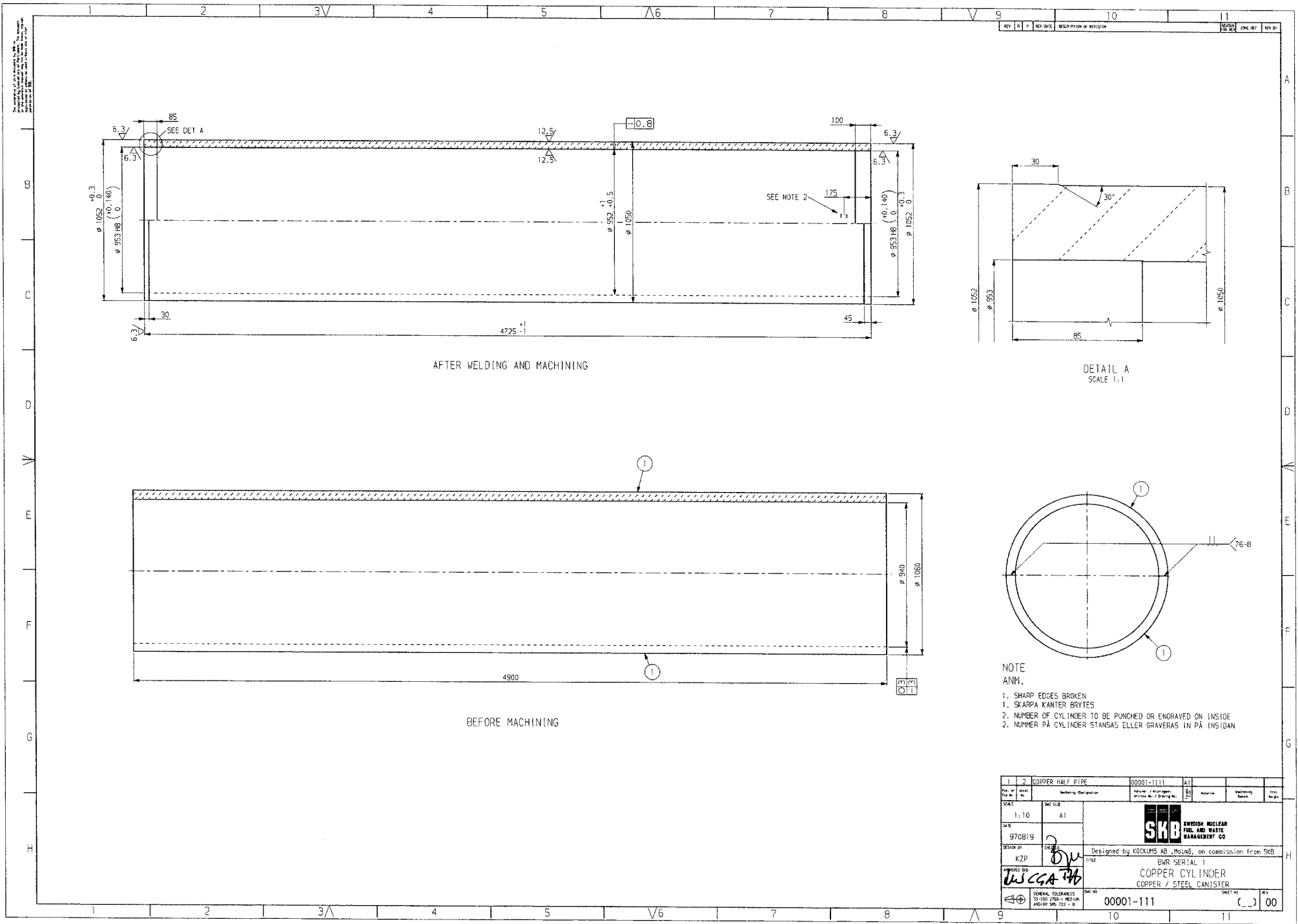
REV	NO	DATE	DESCRIPTION OF REVISION	ISSUED BY	CHECKED BY	REV BY

NOTE
 ANM.
 1. SHARP EDGES BROKEN
 1. SKARPA KANTER BRYTES

DETAIL A
 BEFORE WELDING AND MACHINING
 SCALE 1:2

DETAIL A
 AFTER WELDING AND MACHINING
 SCALE 1:2

2	1	COPPER BOTTOM	00001-112	A1			
1	1	COPPER CYLINDER	00001-111	A1			
REV NO	REV DATE	DESCRIPTION	ISSUED BY	CHECKED BY	DESIGNED BY	DRAWN BY	DATE
SCALE	1:10	ONE SIDE					
DESIGN BY	970819	RKP	DESIGNED BY KOKKIMS AB, MALMÖ, on commission from SKB TITLE BWP SERIAL 1 COPPER CANISTER COPPER / STEEL CANISTER				
GENERAL TOLERANCES	ISO 2768-1 MEDIAN	ISO 14364-1	DATE NO	00001-11	SHEET NO	()	00



REV.	NO.	REV. DATE	DESCRIPTION OF REVISION	DESIGN	DATE	REV. BY

AFTER WELDING AND MACHINING

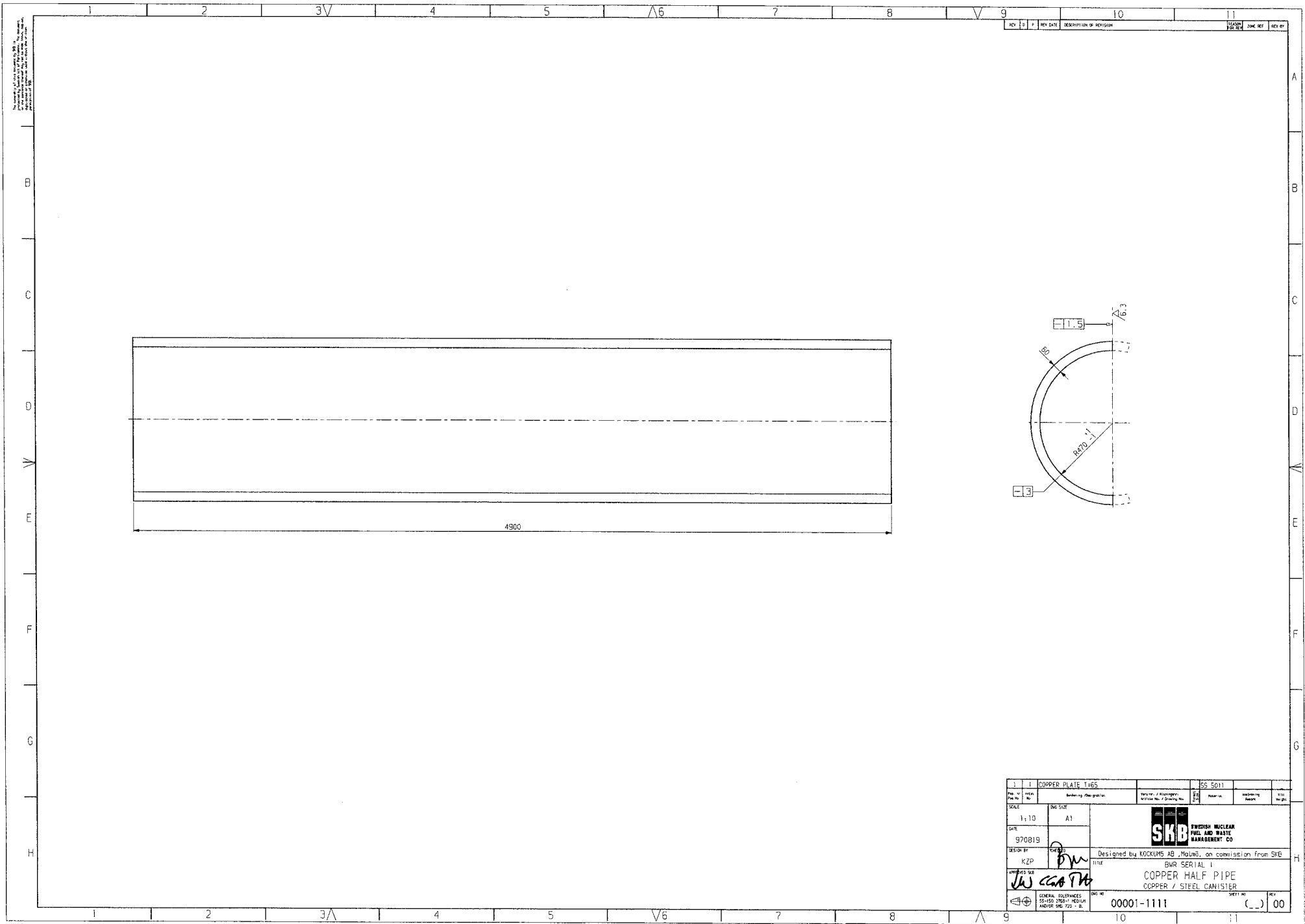
DETAIL A
SCALE 1:1

BEFORE MACHINING

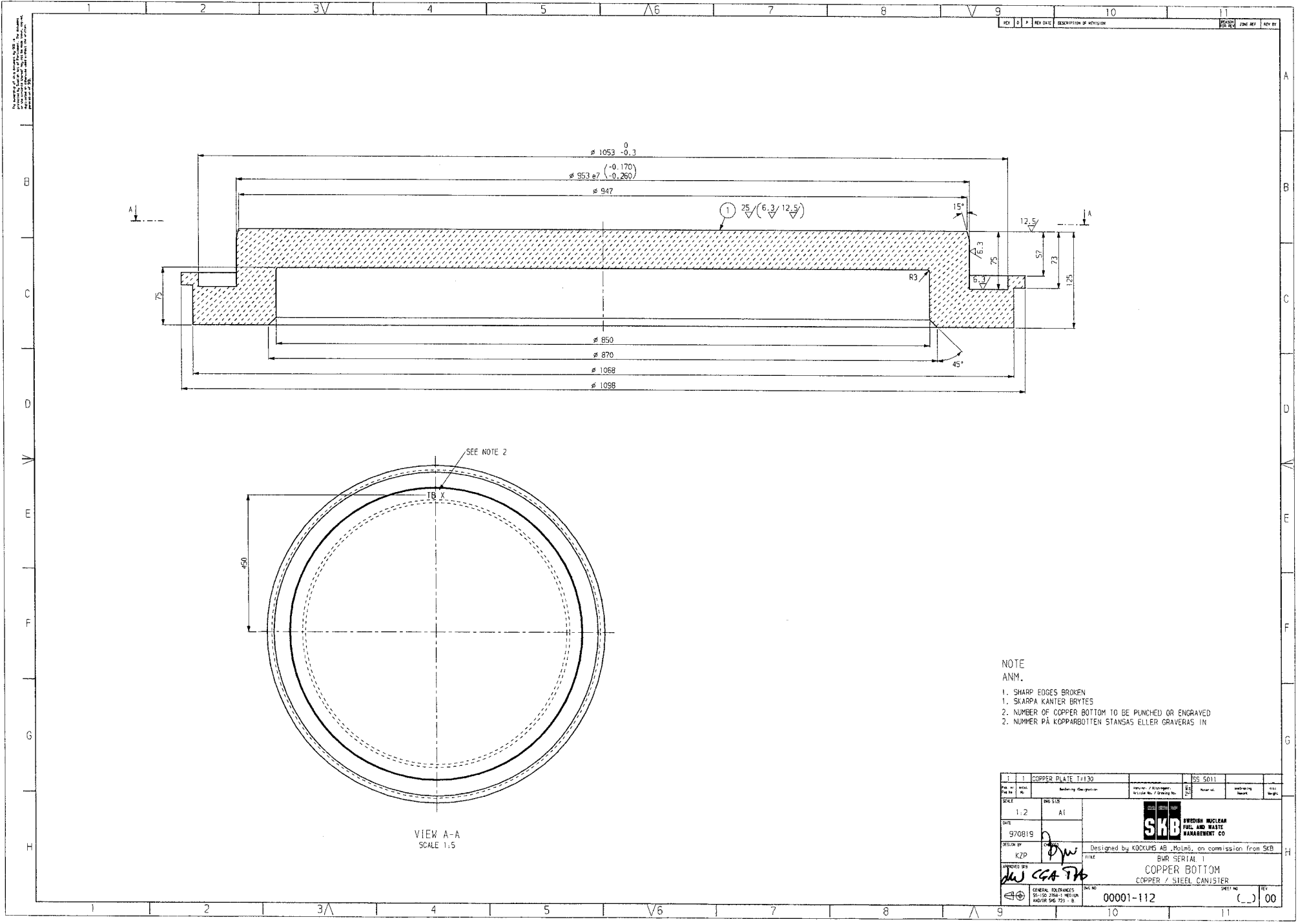
NOTE
ANN.

- 1. SHARP EDGES BROKEN
- 1. SKARPA KANTER BRYTES
- 2. NUMBER OF CYLINDER TO BE PUNCHED OR ENGRAVED ON INSIDE
- 2. NUMMER PÅ CYLINDER STANGS ELLER GRAVERAS IN PÅ INSIDAN

1	2	COPPER HALF PIPE	00001-1111	A1			
Part. no. of sheet	Sheet no.	Working Description	Volume of drawing	Scale	Material	Working Name	Date
1	2			1:10			
SCALE	NO. FILE	DATE					
970819	A1	970819					
DESIGN BY	DESIGN	Designed by KOCKUMS AB, MALMÖ, on commission from SKB					
KZP	DW	BWR SERIAL 1					
APPROVED SKB		COPPER CYLINDER					
WJCGA		COPPER / STEEL CANISTER					
GENERAL TOLERANCES	NO. NO.	00001-111				SHEET NO.	00
ISO 15017/1974 - METRIC	AND/OR ISO 965-2:1986						



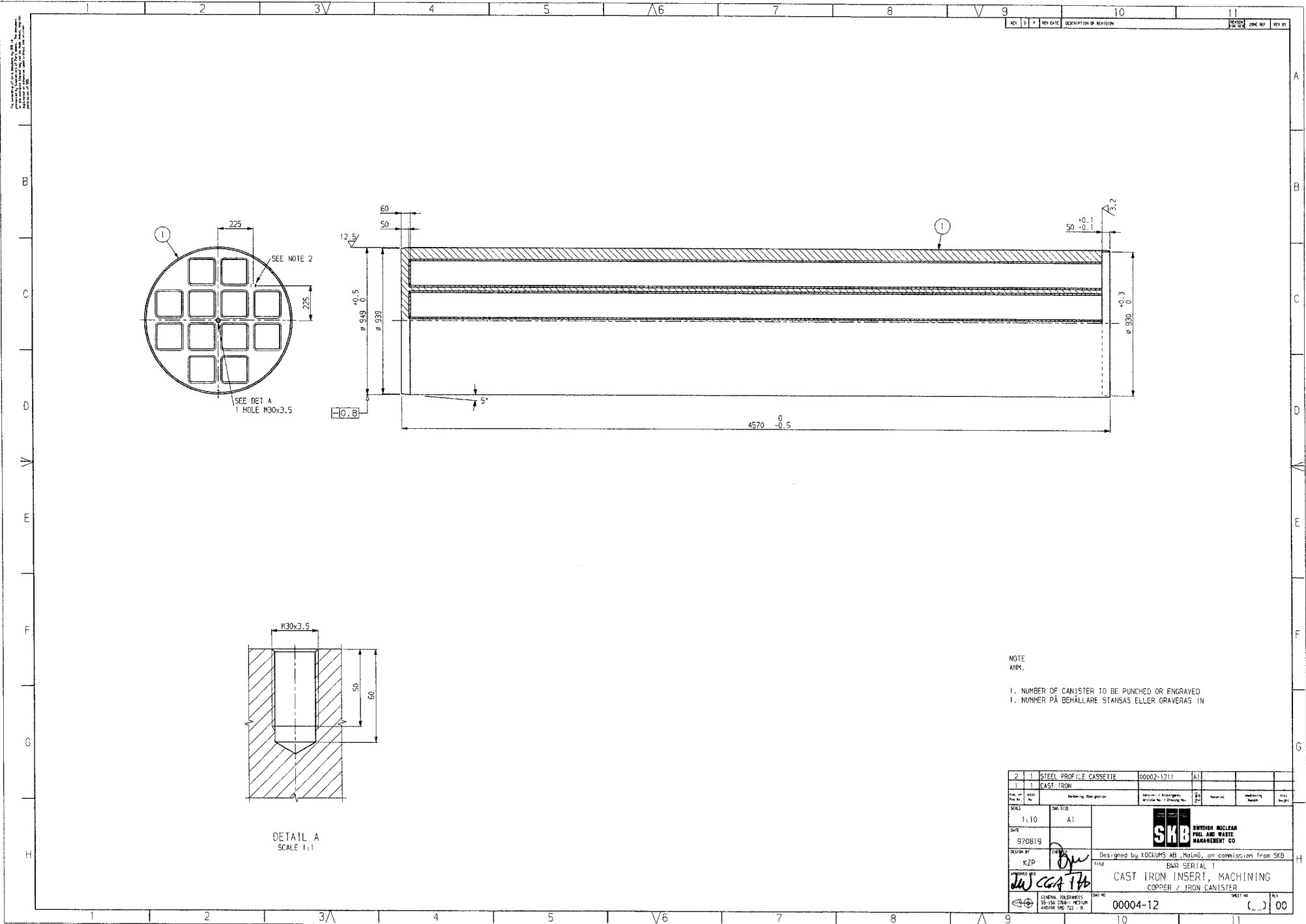
1	1	COPPER PLATE 1x65	SS 5011
NO. OF SHEETS	1	WORKING DRAWING	NO. OF SHEETS
SCALE	1:10	A1	NO. OF SHEETS
DATE	970819		
DESIGN BY	KZP	DESIGNED BY	DESIGNED BY
APPROVED BY	JW CGA TH	TITLE	DESIGNED BY
GENERAL DIMENSIONS	GENERAL DIMENSIONS	GENERAL DIMENSIONS	GENERAL DIMENSIONS
00001-1111	00001-1111	00001-1111	00001-1111



REV	D	REV DATE	DESCRIPTION OF REVISION	SEARCHED	INDEXED	REV BY

- NOTE
ANM.
1. SHARP EDGES BROKEN
 1. SKARPA KANTER BRYTES
 2. NUMBER OF COPPER BOTTOM TO BE PUNCHED OR ENGRAVED
 2. NUMMER PÅ KOPPARBOTTEN STANSAS ELLER GRAVERAS IN

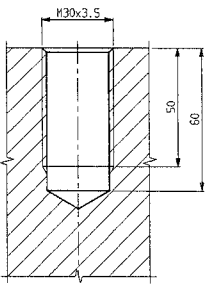
1	1	COPPER PLATE T=130	55 5011	
SCALE	1:2	DWG SIZE	A1	
DATE	970819	DESIGNED BY	KZP	DESIGNED BY
APPROVED BY	<i>[Signature]</i>	CHECKED BY	<i>[Signature]</i>	DATE
GENERAL EXPLANATION		SHEET NO.		
00001-112		00		




NO.	DATE	DESCRIPTION OF REVISION	DESIGN	CHK	REV BY

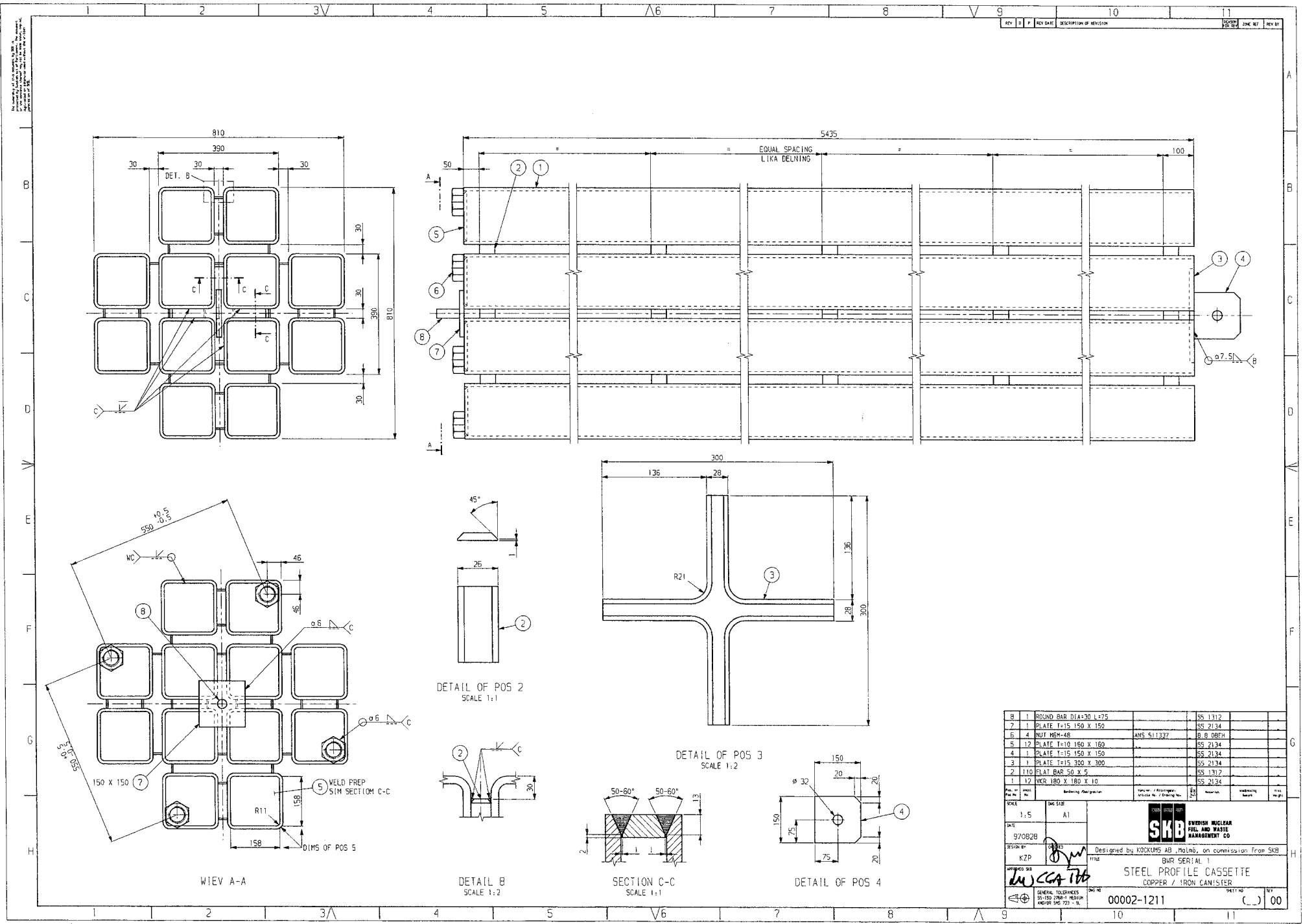
NOTE
ANN.

1. NUMBER OF CANISTER TO BE PUNCHED OR ENGRAVED
1. NUMMER PÅ BEHÅLLARE STANSAS ELLER GRAVERAS IN



DETAIL A
SCALE 1:1

2	1	STEEL PROFILE CASSETTE	00002-1211	A1				
1	1	CAST IRON						
SCALE	1:10	DESIGN SITE	A1	 SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO				
DATE	970819	DESIGNED BY	K2P	Designed by KOKKUMS AB, MoLund, on commission from SKB				
PROJECT NO.	CGA 174	TITLE	CAST IRON INSERT, MACHINING COPPER / IRON CANISTER					
GENERAL TOLERANCES	SS-ISO 2768-M	DESIGN NO.	00004-12	SHEET NO.	()	REV	00	



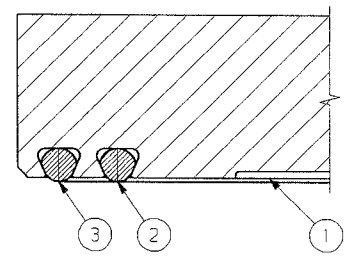
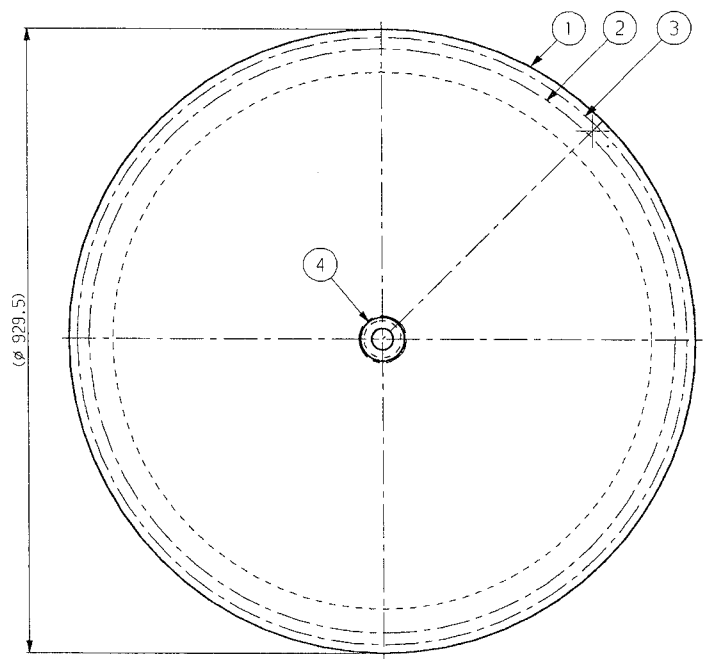
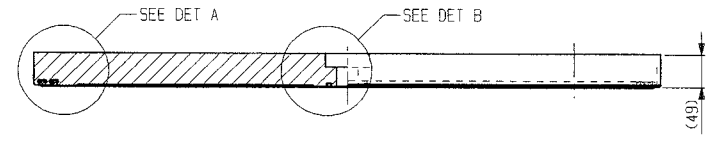
NO.	DESCRIPTION	QTY	UNIT	REF.
8	1 ROUND BAR DIA=30 L=75			SS 1312
7	1 PLATE T=15 150 X 150			SS 2134
6	4 NUT M8x48			B. B. OBEH
5	1/2 PLATE T=10 150 X 150			AMS 511327
4	1 PLATE T=15 150 X 150			SS 2134
3	1 PLATE T=15 300 X 300			SS 2134
2	1/2 FLAT BAR 50 X 5			SS 1312
1	1/2 WCR 180 X 180 X 10			SS 2134

SCALE	DATE	DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	DATE	NO.	REV.
1:5	AI						
	970828						
	KZP						

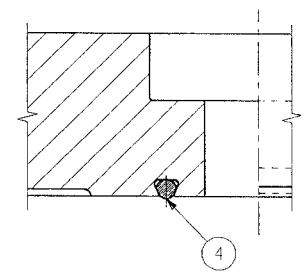
SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO.	
Designed by KOCKUMS AB, Malmo, on commission from SKB	BWR SERIAL 1
STEEL PROFILE CASSETTE	
COPPER / IRON CANISTER	
GENERAL TOLERANCES SS 1312 DIMS AND/OR SS 721 - II.	00002-1211
DRW NO.	SHEET NO.
	00

The responsibility of this document is SKB. The recipient is not responsible for the accuracy of the information provided by SKB. The recipient is not responsible for the accuracy of the information provided by SKB.

REV	D	P	REV DATE	DESCRIPTION OF REVISION	REASON FOR REV	ZONE REF	REV BY



DETAIL A
SCALE 1:1



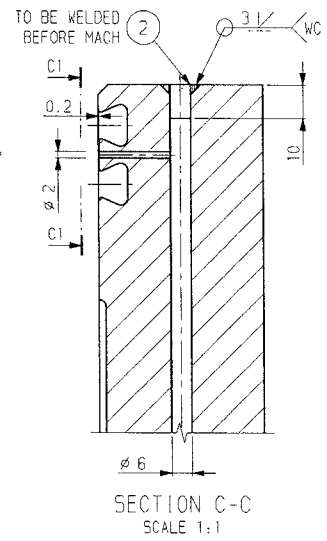
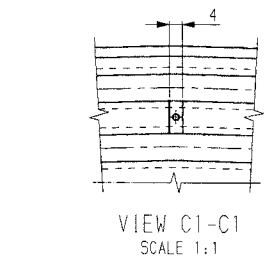
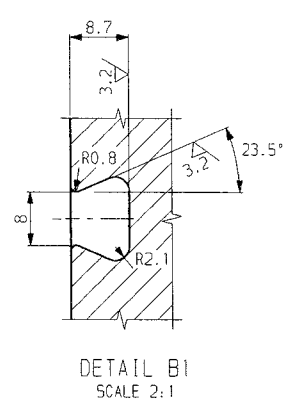
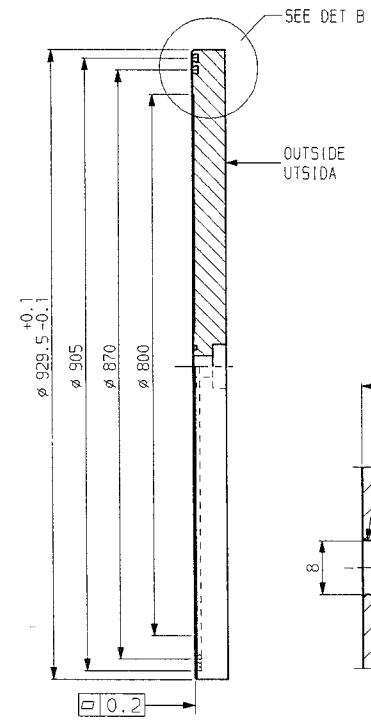
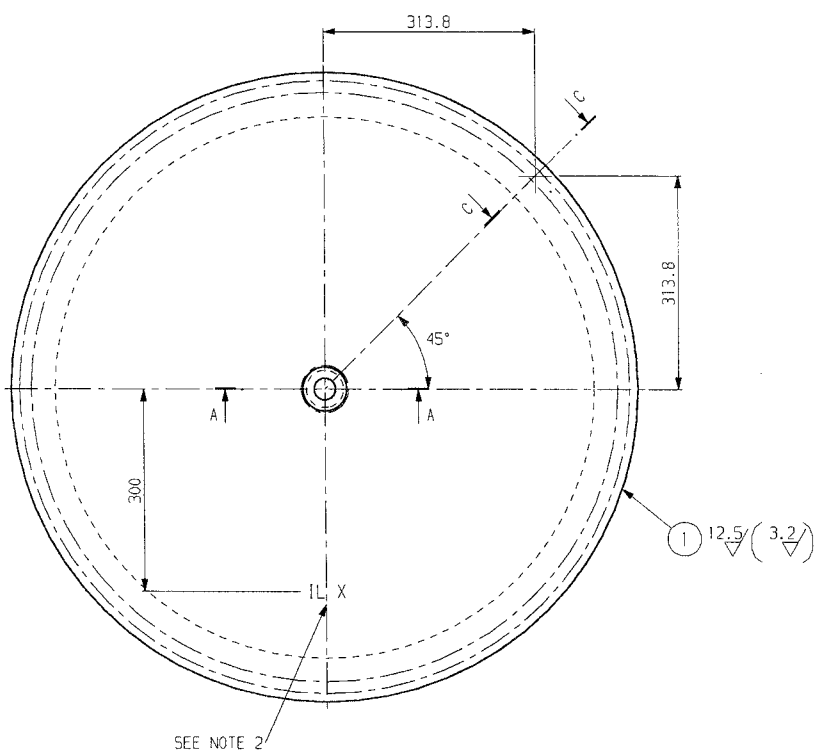
DETAIL B
SCALE 1:1

4	1	O-RING 49.2 X 5.7		VITON		
3	1	O-RING D=10 L=2640		VITON		
2	1	O-RING D=10 L=2730		VITON		
1	1	STEEL LID, MACHINING	SKB-30001-211			
Pos. or Pos. No.	Art. No.	Denomination / Designation	Reference / Allocation / Article No. / Drawing No.	Mat. No.	Manufacturing Remark	Unit Weight

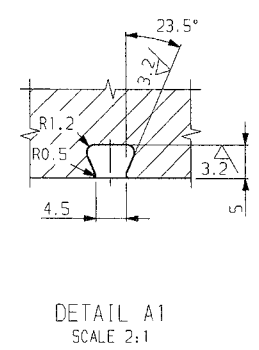
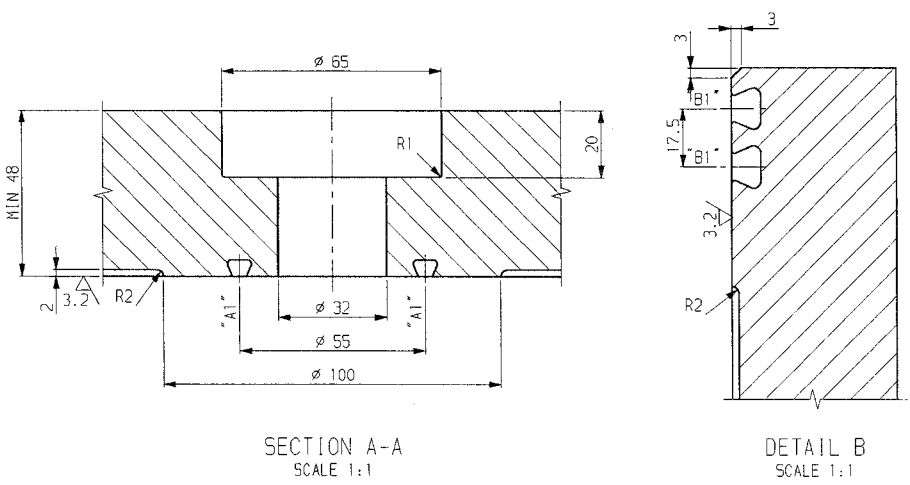
SCALE	1:5	SWG SIZE	A2	
DATE	970828			
DESIGN BY	KZP			
APPROVED SKB	Designed by KOCKUMS AB, Malmö, on commission from SKB TITLE: BWR SERIAL 1 STEEL LID, ASSY COPPER / STEEL CANISTER			
GENERAL TOLERANCES: SS-150 2768-1 MEDIUM AND/OR SMS 723 - B.	SWG NO	00003-21	SHEET NO	REV
			()	00

The responsibility of this drawing is held by SKB. The drawing is for information only and should not be used for manufacturing without the approval of SKB.

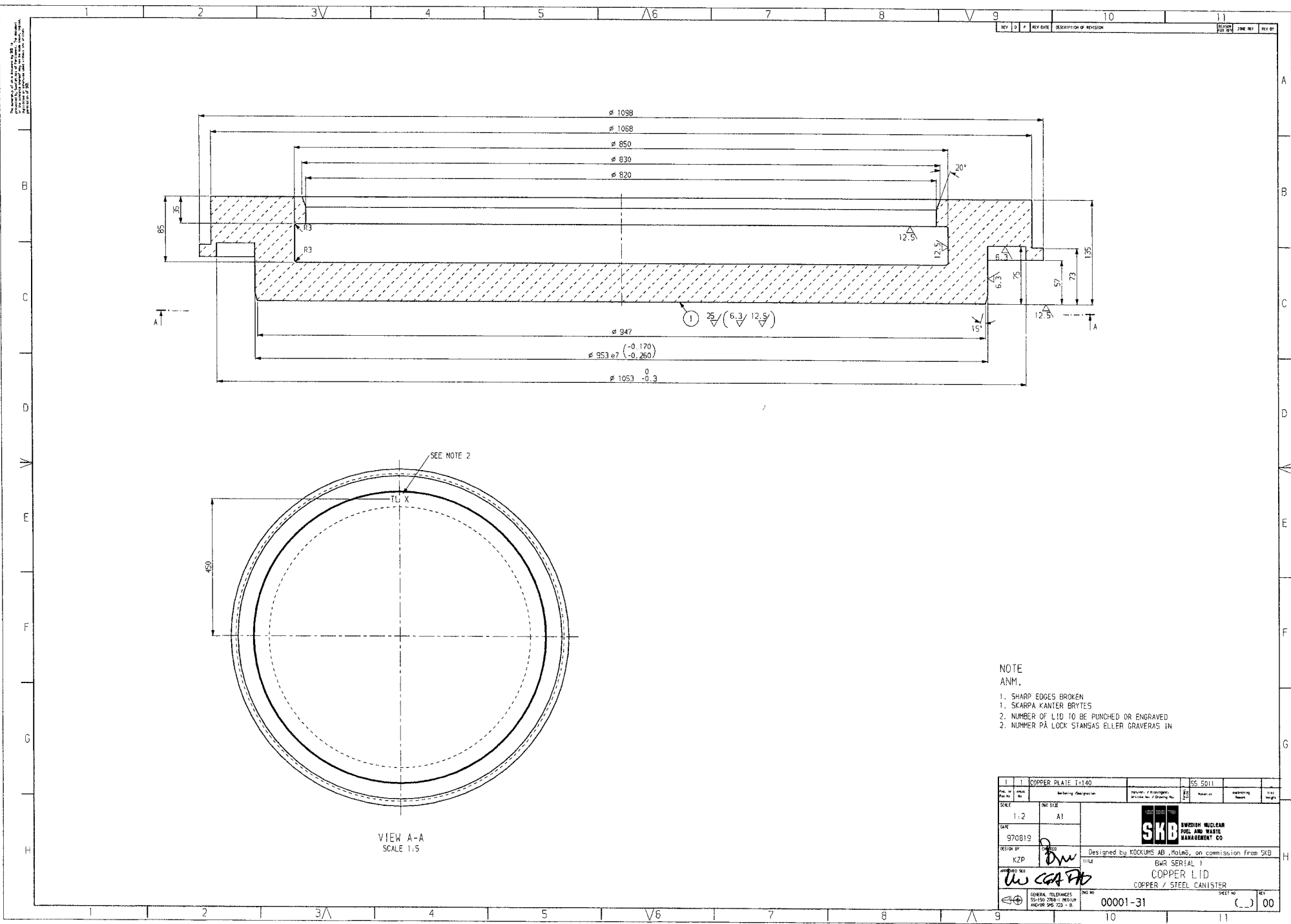
REV	D	P	REV DATE	DESCRIPTION OF REVISION	REASON FOR REV	ZONE REF	REV BY



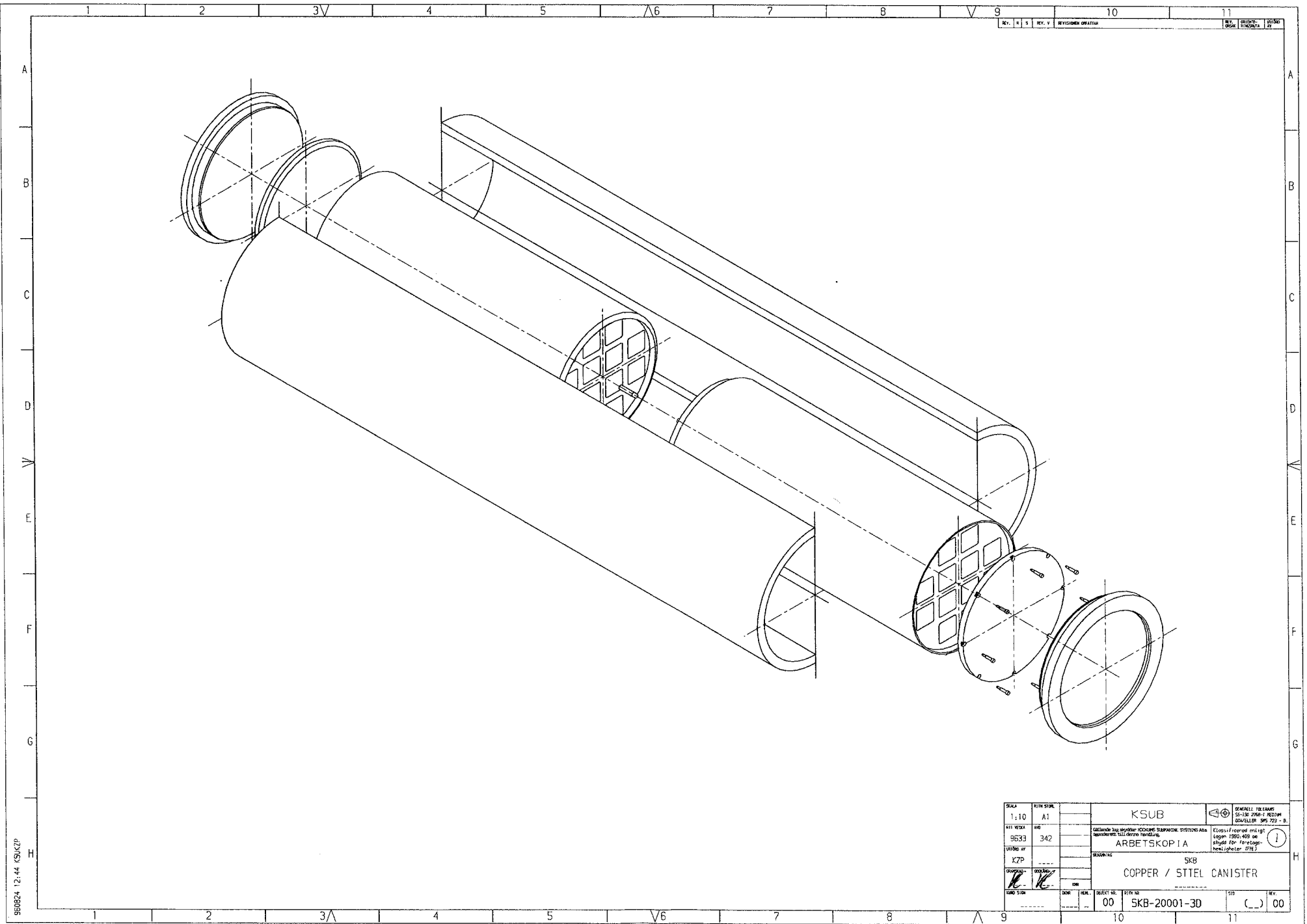
- NOTE
ANM.
1. SHARP EDGES BROKEN
1. SKARPA KANTER BRYTES
 2. NUMBER OF LID TO BE PUNCHED OR ENGRAVED ON INSIDE
2. NUMMER PÅ LOCK STANSAS ELLER GRAVERAS IN PÅ INSIDAN



2	1	ROUND BAR DIA=6			SS 1312			
1	1	PLATE T=50 DIA=930			SS 1312			
Pos. No	Artic. No	Ordering Designation	Quantity / Dimensions	Article No. / Drawing No.	Material	Ordering Name	Unit	Weight
SCALE	1:5	DWG SIZE	A2					
DATE	970928	DESIGN BY	KZP					
APPROVED SKB			Designed by KÖCKUMS AB, Malmö, on commission from SKB TITLE BWR SERIAL 1 STEEL LID, MACHINING COPPER / STEEL CANISTER					
GENERAL TOLERANCES	SS-ISO 2768-1 MEDIUM AND/OR SMS 723 - B	DWG NO	00003-211	SHEET NO	()	REV	00	

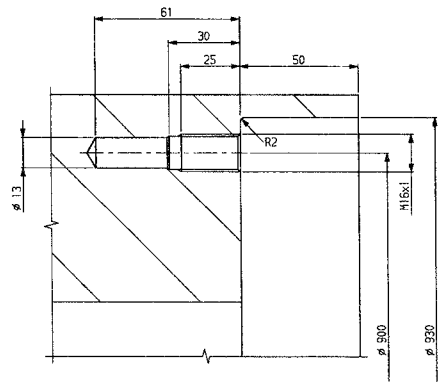
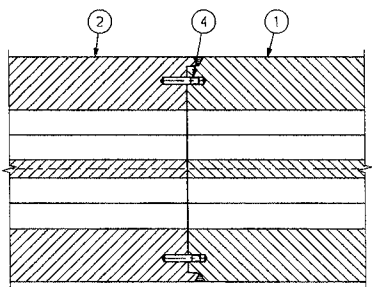
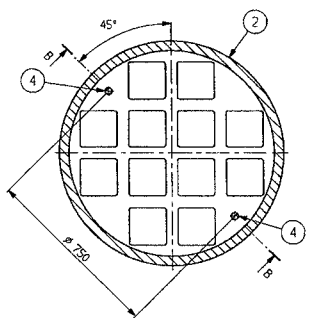
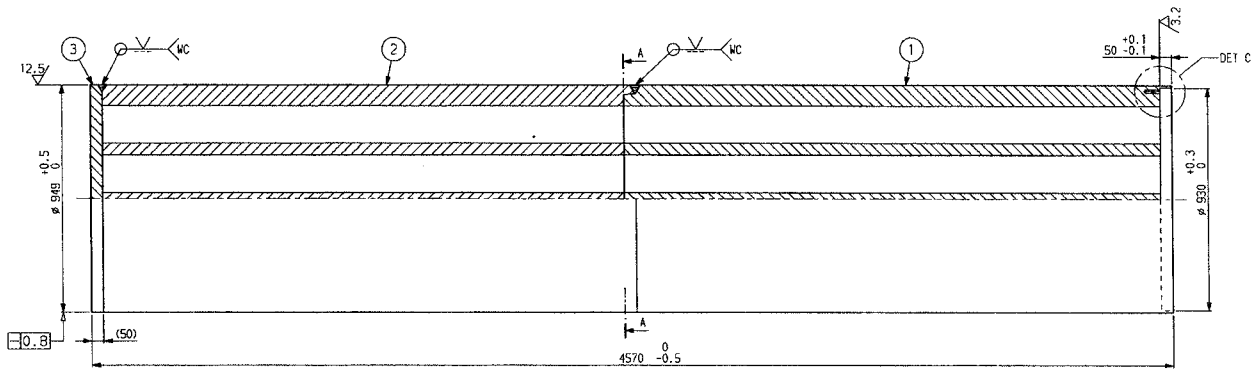
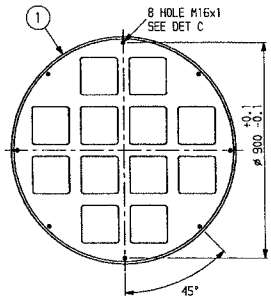


1	1	COPPER PLATE I=140	SS 5011		
Part No.	Material	Ordering Description	Quantity	Unit	Weight
970819	Al				
SCALE	1:2	Part No.	SS 5011	Quantity	Weight
DATE	970819	Part No.	SS 5011	Quantity	Weight
DESIGN BY	KZP	Part No.	SS 5011	Quantity	Weight
APPROVED BY	CGA	Part No.	SS 5011	Quantity	Weight
DESIGNED BY KOKKUMS AB, Malmb., on commission from SKB		BWR SERIAL 1			
COPPER LID		COPPER / STEEL CANISTER			
GENERAL TOLERANCES	SS-150 (2003) REGULAR	ING NO.	00001-31	SHEET NO.	00



980824 12:44 KSJKZP

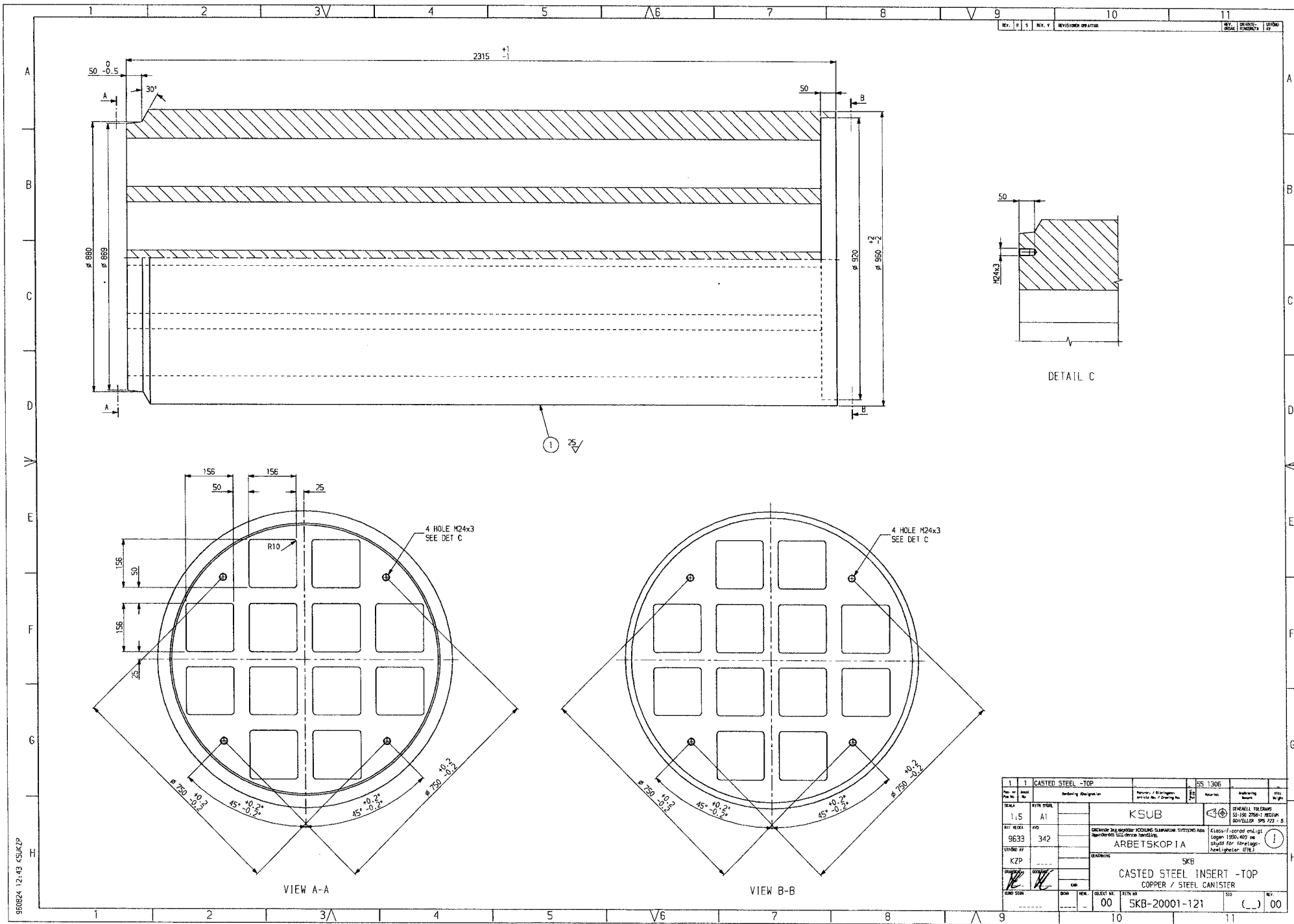
SKALA 1:10	RYM STOR A1	KSUB <small>Skallande beskrivning KODINGEN: SKAPNINGEN SYSTEMS ALLA Öppnings- till denna handling.</small>	<small>GENERAL: 1218407 S1-100 2168-1 MEDUM SÄMÅLLER 995 222 - 8</small>
RIK NEDA 9533	NO 342		<small>Enligt föresatt mått enligt 1990:409 och enligt för Fertigt beställningar (SIS)</small>
UTGIVNING K7P	ARBETSNO ---	ARBETSNO ---	ARBETSKOPIA SKB COPPER / STEEL CANISTER
LAGRTID ---	DATE ---	REV. NO 00	RITN NO SKB-20001-3D SID () NY 00



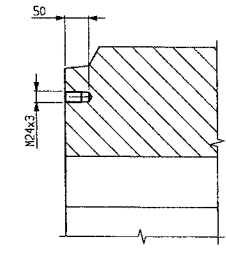
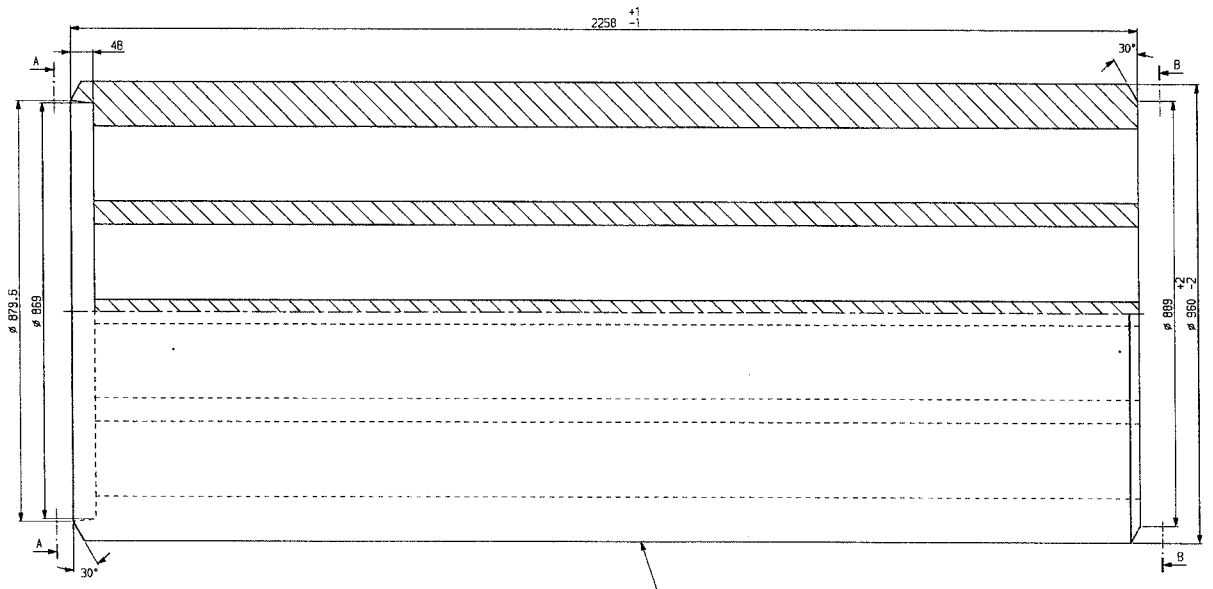
NOTE
ANM.
1. POS 1, 2 AND 3 AR TO BE WELDED BEFORE MACHINING.
1. POS 1, 2 OCH 3 SVEISAS FÖRE MASKINBEARB.

4	2	SLIDING PIN	SKB-20001-124	A3				
3	1	STEEL BOTTOM	SKB-20001-123	A1				
2	1	CASTED STEEL INSERT - BOTTOM	SKB-20001-122	A1				
1	1	CASTED STEEL INSERT - TOP	SKB-20001-121	A1				
SKB STEEL CANISTER COPPER / STEEL CANISTER								
SCALE	1:10	REV. A1	KSUB			SKB ARBETSKOPIA		
DIT KOD	450	9633	342	Guldbeige lag med 200µm skinnlag. SYSTEMS ARB. Reparerat till denna handling.			Klassificering enligt Lagen 1990:465 om skydd för informationssystemer (SIS).	
UTGIVET AV	K2P	SKB STEEL CANISTER COPPER / STEEL CANISTER						
REVISJON	REV. 00	UTGIVET AV	REVISJON	REVISJON	REVISJON	REVISJON	REVISJON	REVISJON

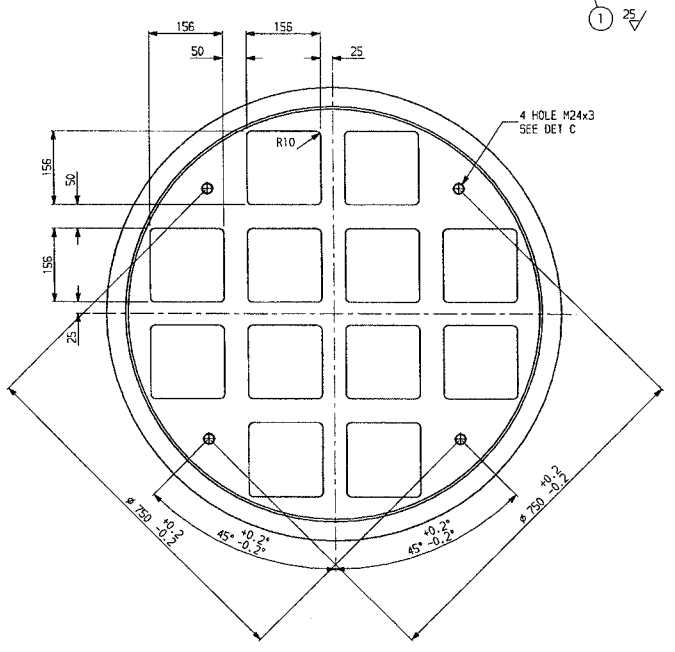
4273531-13-43-KSUKZP



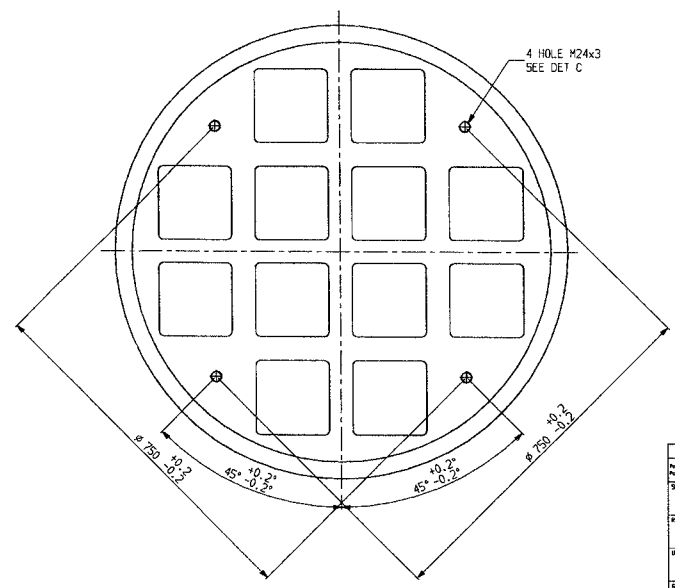
1	1	CASTED STEEL - TOP		SS 1306	
REV.	1	REV. V	REVISION ORÄTTAT		
SKA	9633	ARBETSKOPIA			
REV. NO	342				
OBJ. NO	00	SKB-20001-121			
REV.					00



DETAIL C



VIEW A-A

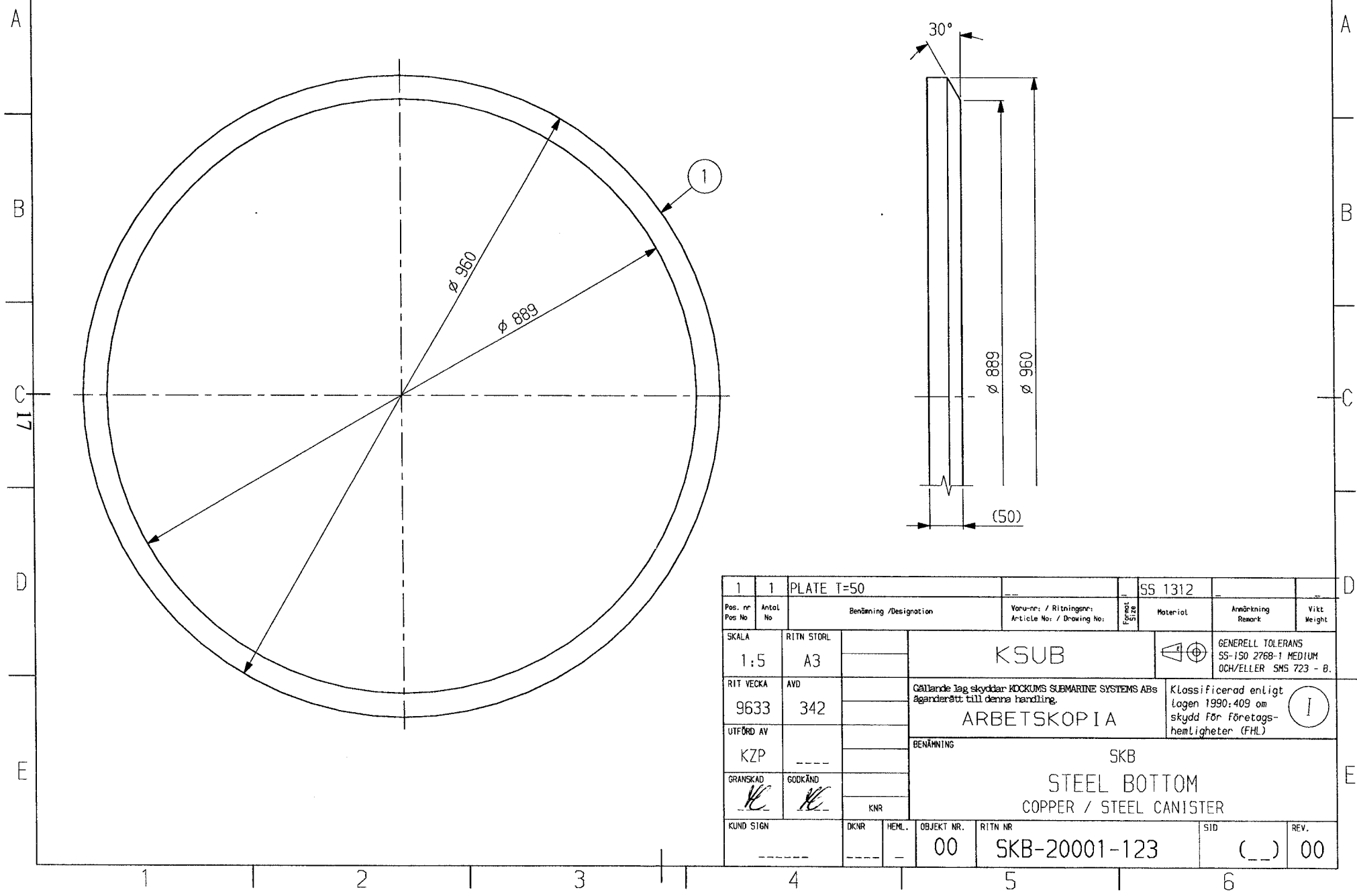


VIEW B-B

1	1	CASTED STEEL -BOTTOM	SS 1306		
SCALE	1:5	A1	ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 1	9633	342	ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 2	K7P		ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 3			ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 4			ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 5			ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 6			ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 7			ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 8			ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 9			ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 10			ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306
REV. 11			ARBETSKOPIA	SS 1306	SS 1306

960824 12:43 KS:KTP

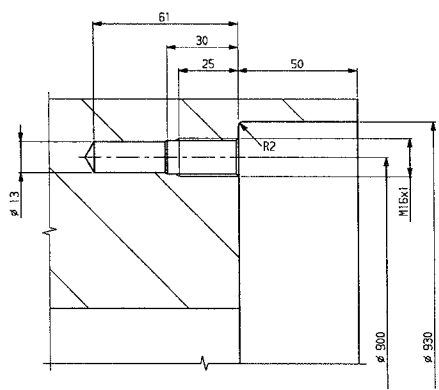
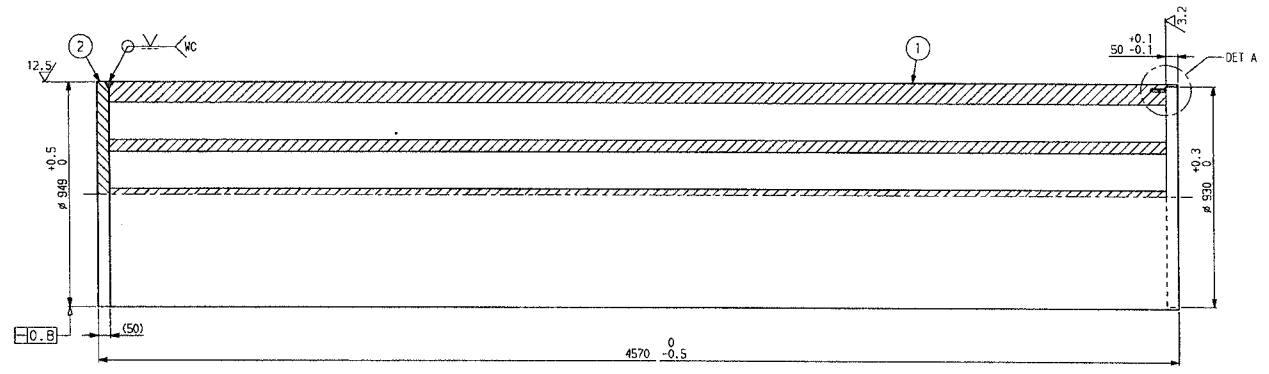
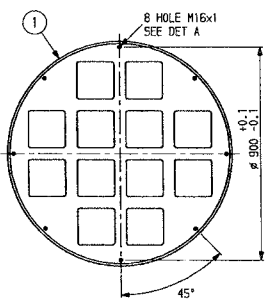
REV. R	S	REV. V	REVISIONEN OMFATTAR	REV. ORSAK	ORIENTE-RINGSRUTA	UTFÖRD AV
--------	---	--------	---------------------	------------	-------------------	-----------



1	1	PLATE T=50		SS 1312		
Pos. nr Pos No	Antal No	Benämning / Designation	Vorunr: / Ritningsnr: Article No: / Drawing No:	Material	Anmärkning Remark	Vikt Weight
SKALA 1:5	RITN STORL A3	KSUB			GENERELL TOLERANS SS-ISO 2768-1 MEDIUM OCH/ELLER SMS 723 - B.	
RIT VECKA 9633	AVD 342	Gällande lag skyddar KOCKUMS SUBMARINE SYSTEMS ABs ägarerätt till denna handling.		Klassificerad enligt lagen 1990:409 om skydd för företags- hemligheter (FHL)		I
UTFÖRD AV KZP		BENÄMNING SKB STEEL BOTTOM COPPER / STEEL CANISTER				
GRANSKAD 	GODKÄND 	KNR	OBJEKT NR. 00	RITN NR SKB-20001-123	SID (__)	REV. 00
KUND SIGN -----	DKNR -----	HEML. --				

960824 12:43 KSUKZP

Bilaga 2. Sid 5 (7)



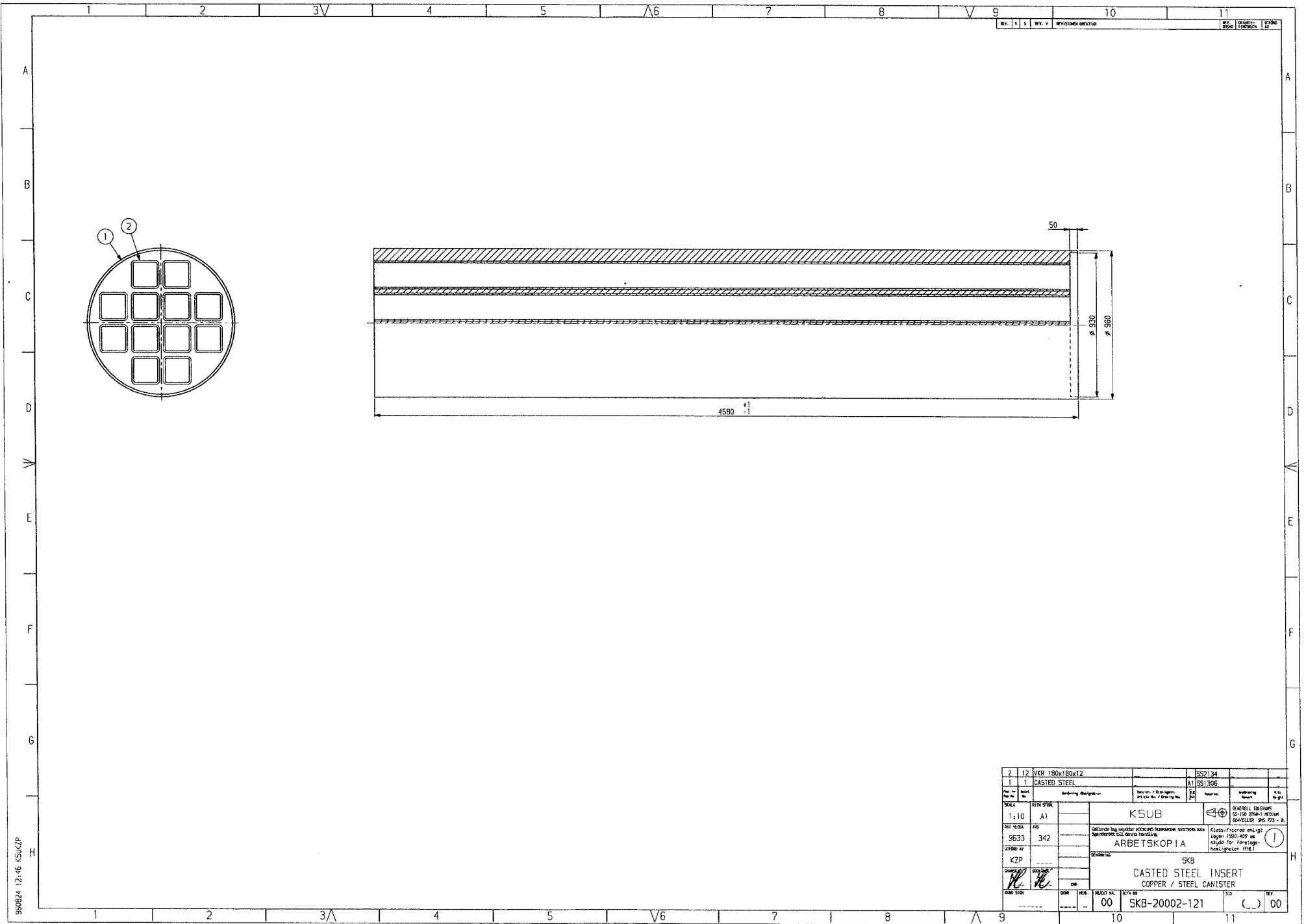
DETAIL A
SCALE 1:1

NOTE
ANM.

- 1. POS 1 AND 2 AR TO BE WELDED BEFORE MACHINING.
- 1. POS 1 OCH 2 SVETSAS FÖRE MASKINBEARB.

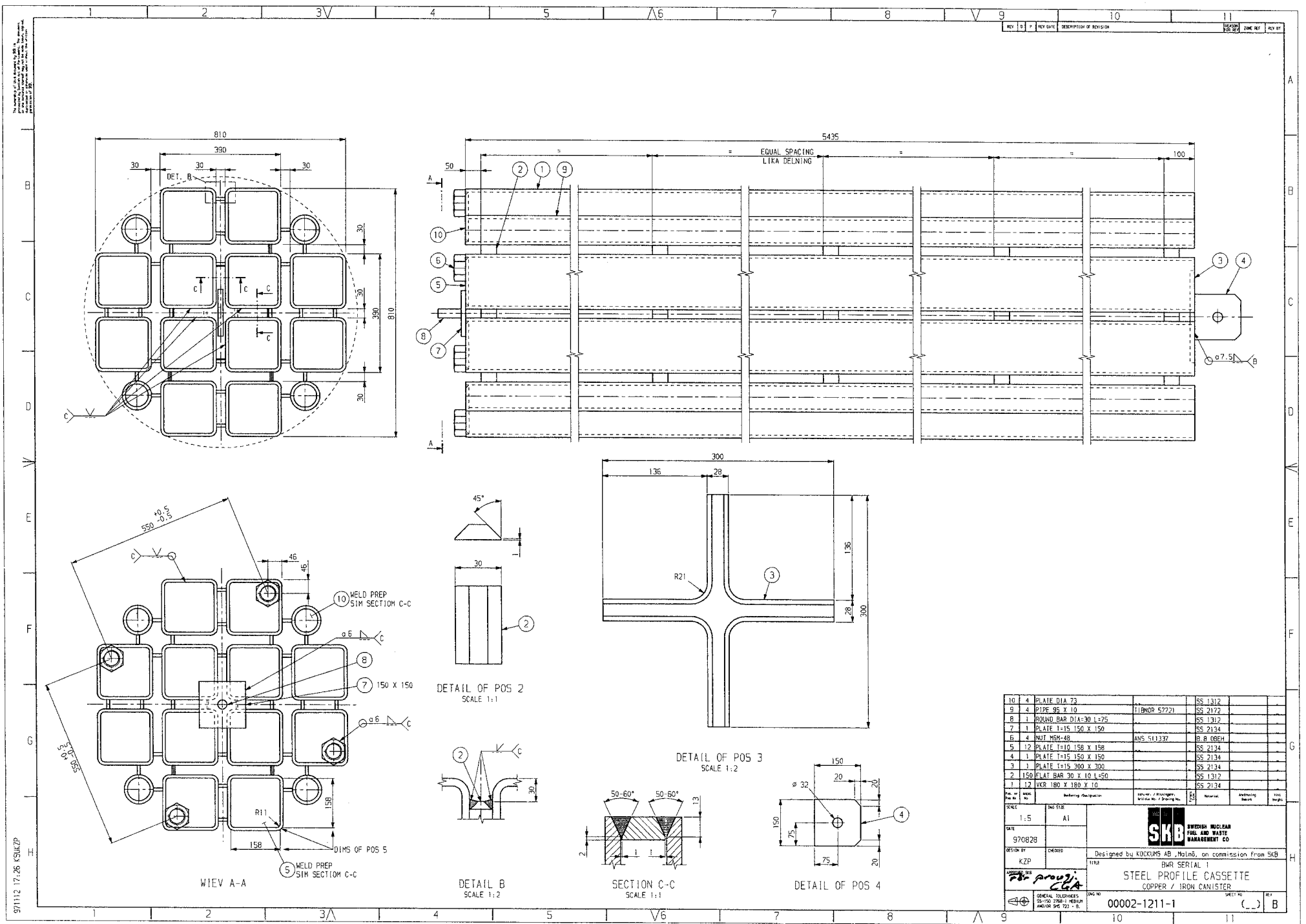
960824 12.45 K3UKZP

2	1	STEEL BOTTOM	SKB-20001-123	A1			
1	1	CASTED STEEL INSERT	SKB-20002-121	A1			
Rev. No.	Rev. No.	Rev. No.	Rev. No.	Rev. No.	Rev. No.	Rev. No.	Rev. No.
1:10	A1						
9633	342						
KZP							
SCALE		RITN SKALA		KSUB		ÖFVERTAR: JONAS SKB-20001-123 ÖFVERTAR: SKB-20002-121	
ARBETSKOP 1A		ARBETSKOP 1A		ARBETSKOP 1A		Klassen tillgodogörande KODJANS SÄMPNINGEN OCH SVETSNINGEN Klassen tillgodogörande KODJANS SÄMPNINGEN OCH SVETSNINGEN Klassen tillgodogörande KODJANS SÄMPNINGEN OCH SVETSNINGEN	
SKB		SKB		SKB		SKB	
STEEL CANISTER		STEEL CANISTER		STEEL CANISTER		STEEL CANISTER	
COPPER / STEEL CANISTER		COPPER / STEEL CANISTER		COPPER / STEEL CANISTER		COPPER / STEEL CANISTER	
00	00	00	00	00	00	00	00
SKB-20002-12	SKB-20002-12	SKB-20002-12	SKB-20002-12	SKB-20002-12	SKB-20002-12	SKB-20002-12	SKB-20002-12



960824 12:46 KS/KZP

2	12	VKR	180x180x12			SS2134			
1	1	CASTED STEEL				A1	SS1306		
SKALA		1:10		A1		KSUB		GÄNDELL TEDEBANG SS-10 270x11 MEDUM SVÄVELER 390 723 - B	
PÅ VIDA		9633		342		ARBETSKOP 1 A		Klass / Format / mät- Längd 1380 450 m Ståhl för förings- hetslögner (78%)	
KZP						SKB			
CASTED STEEL INSERT		COPPER / STEEL CANISTER							
00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
SKB-20002-121									



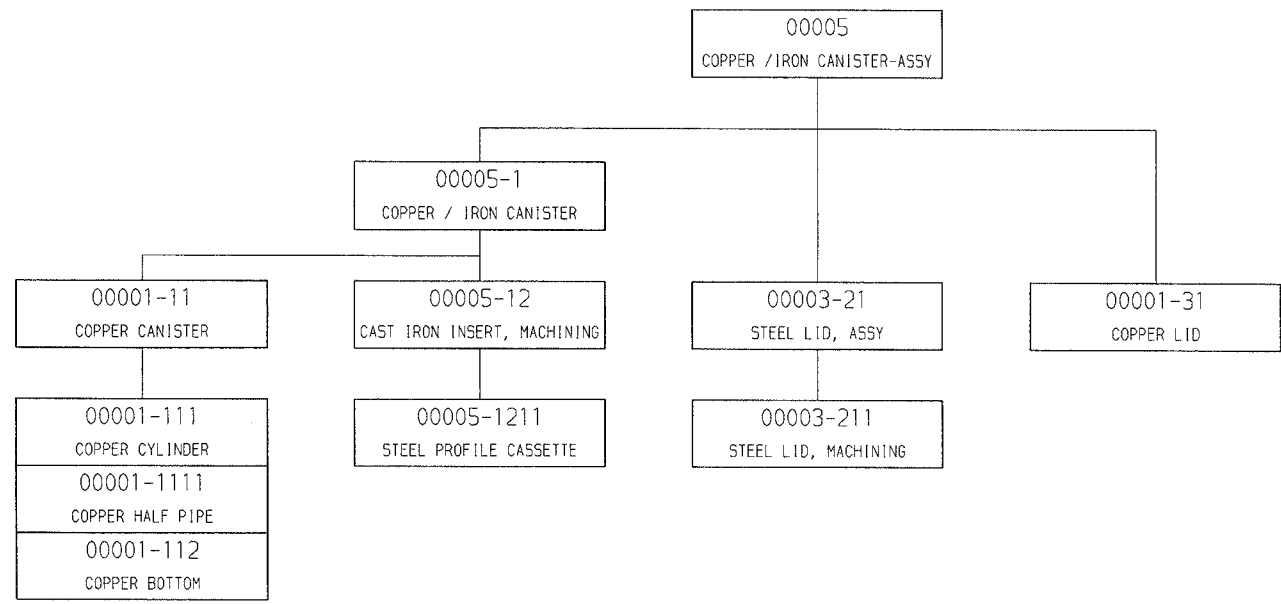
REV	NO	DATE	DESCRIPTION OF REVISION	DESIGNER	CHKD BY	APP'D BY



NO	QTY	DESCRIPTION	UNIT	QTY	NO	QTY	DESCRIPTION	UNIT	QTY
10	4	PLATE DIA 73			SS 1312				
9	4	PIPE 95 X 10			TINOP 57271		SS 2172		
8	1	ROUND BAR DIA=30 L=75					SS 1312		
7	1	PLATE L=15 150 X 150					SS 2134		
6	4	NUT M8x48			ANS 511337		B.B. OBEH		
5	12	PLATE L=10 158 X 158					SS 2134		
4	1	PLATE L=15 150 X 150					SS 2134		
3	1	PLATE L=15 100 X 100					SS 2134		
2	150	FLAT BAR 30 X 10 L=50					SS 1312		
1	12	WKR 180 X 180 X 10					SS 2134		

SCALE	1:5	NO. SIZE	A1
DATE	970828	 SKB SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO	
DESIGN BY	KZP		
GENERAL TOLERANCES	SS-150 (SRP-1) RESULT AND/OR SPEC. TO 10	NO. NO.	00002-1211-1
SHEET NO.			B

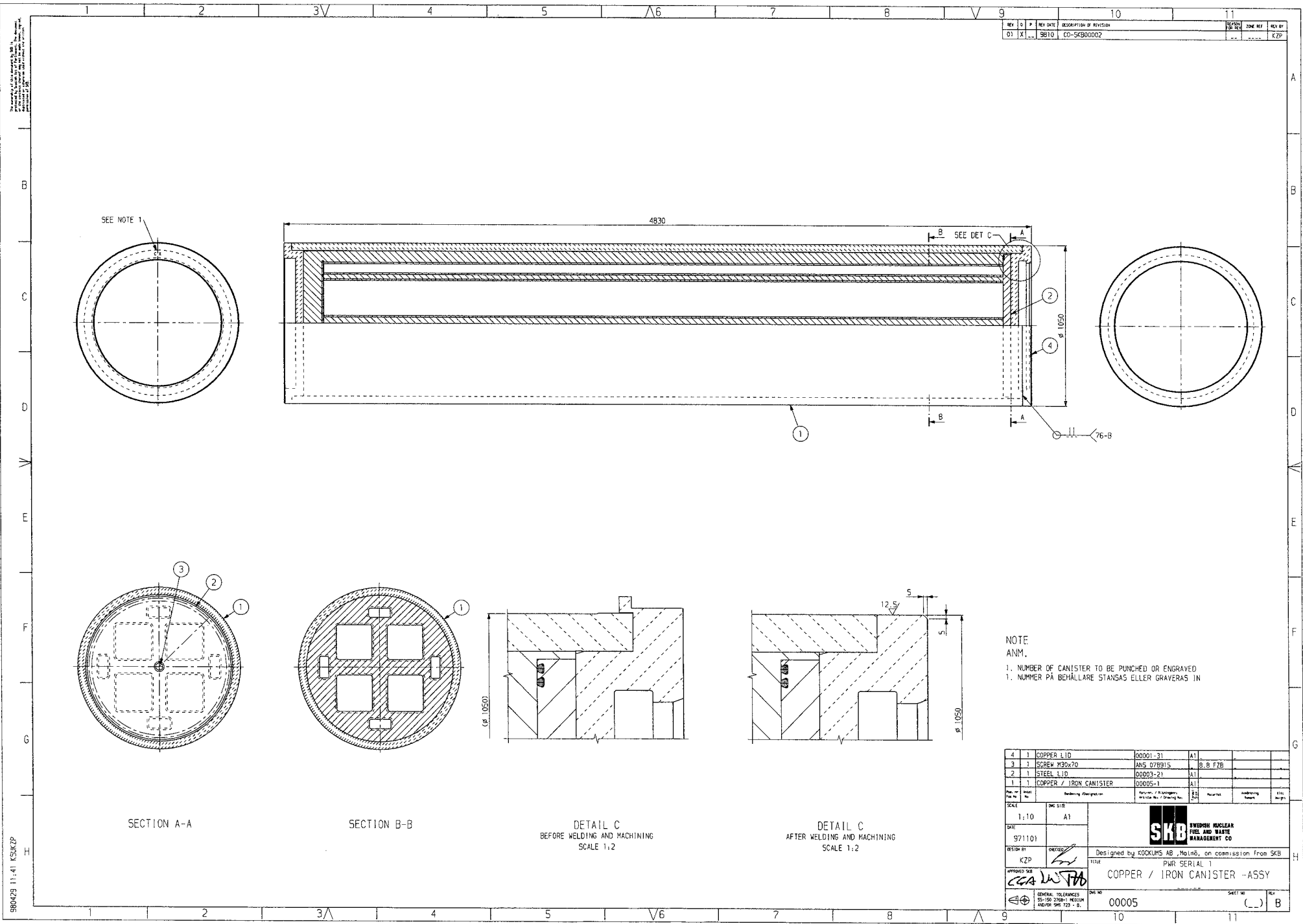
REV	D	P	REV DATE	DESCRIPTION OF REVISION	REASON FOR REV	ZONE REF	REV BY

No assembly of this document is allowed. The documents prepared by Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. are classified as secret and may not be disclosed or otherwise made available to the public without the permission of SKB.



SCALE 1:1	DWG SIZE A2	 SKB SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO
DATE 9701031	DESIGNED BY KZP	
DESIGN BY KZP	CHECKED <i>[Signature]</i>	Designed by KOCKUMS AB, MoLmö, on commission from SKB
APPROVED SKB <i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	TITLE PWR SERIAL 1 DRAWING LIST COPPER / IRON CANISTER
 GENERAL TOLERANCES SS-ISO 2768-1 MEDIUM AND/OR SMS 723 - B.	DWG NO 00005-999	SHEET NO () A

980429 11:40 K5UKZP



REV.	D.	P.	REV. DATE	DESCRIPTION OF REVISION	BY	CHK	ZONE REF.	REV. BY
01	X		9810	CO-SKB00002				KZP

NOTE
ANM.
1. NUMBER OF CANISTER TO BE PUNCHED OR ENGRAVED
1. NUMMER PÅ BEHÅLLARE STANSAS ELLER GRAVERAS IN

4	1	COPPER LID	00001-31	A1				
3	1	SCREW M3x70	ANS 07B915	A1	8.8 F7B			
2	1	STEEL LID	00003-21	A1				
1	1	COPPER / IRON CANISTER	00005-1	A1				

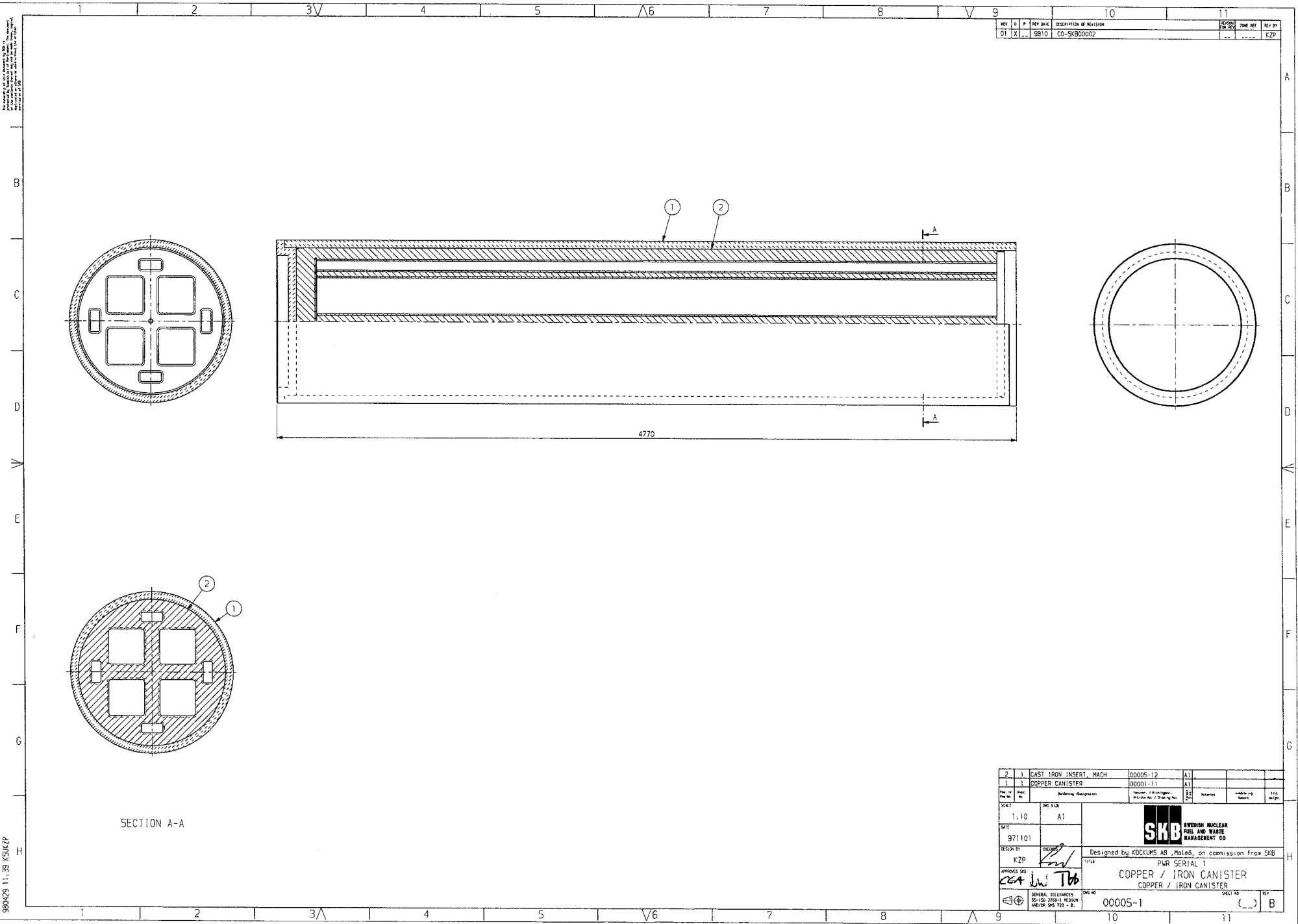
SCALE	SCALE	SCALE	SCALE
1:10	A1		

DATE	971101		
DESIGN BY			
APPROVED SKB	<i>CCA WJTB</i>		

DESIGNED BY	Designed by COCKUMS AB, Malmsjö, on commission from SKB
TITLE	PWR SERIAL 1 COPPER / IRON CANISTER -ASSY
GENERAL TOLERANCES	ISO 2768-MT
DRW. NO.	00005
SHEET NO.	()
REV.	B

980429 11:41 KSKZP

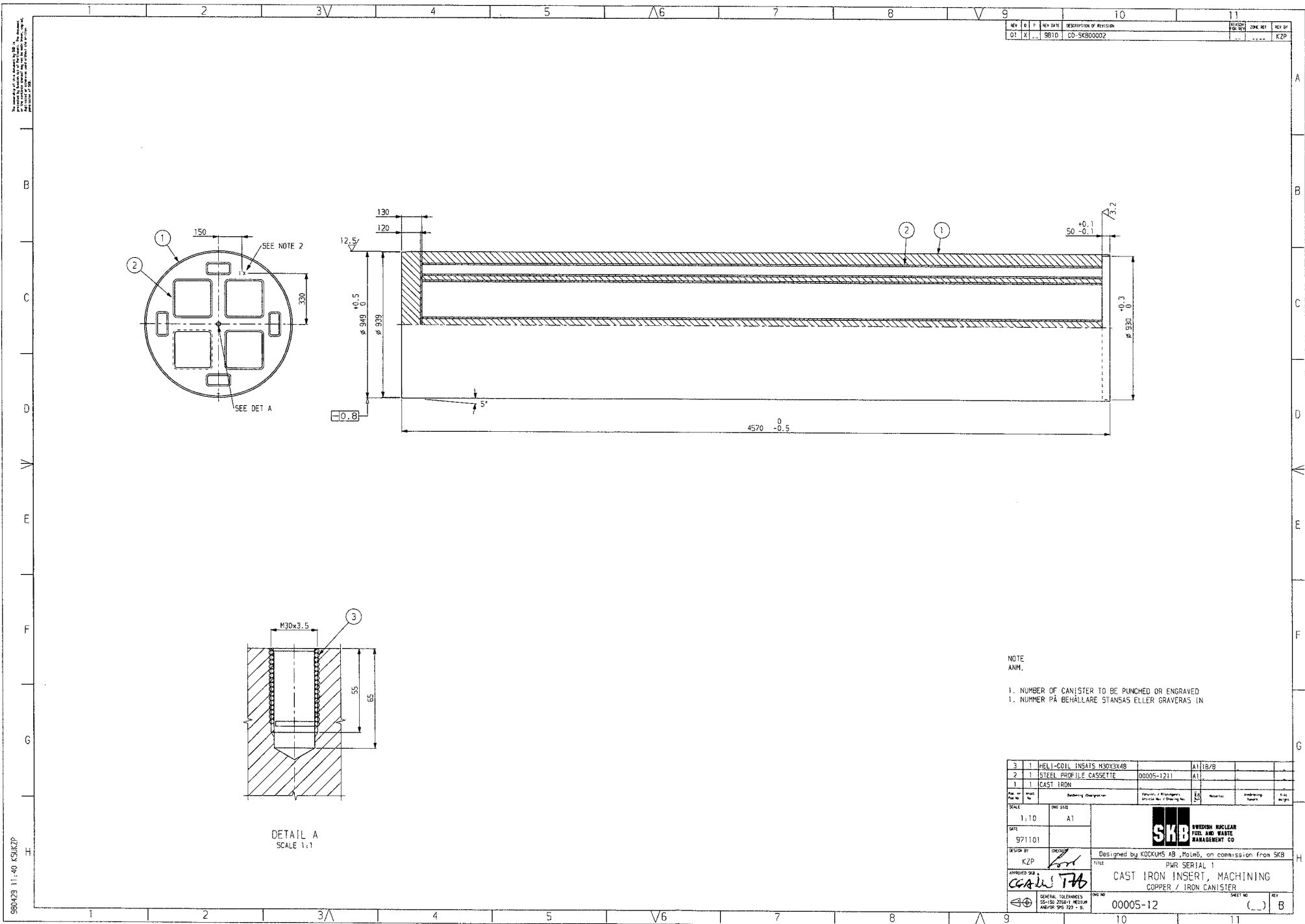
Bilaga 4. Sid 2 (5)



REV. NO.	REV. DATE	DESCRIPTION OF REVISION	DESIGN	TIME REF.	REV. BY
01	IX	5810	CO-SKB00002		KZP

2	1	CAST IRON INSERT, MACH	00005-12	A1				
1	1	COPPER CANISTER	00001-11	A1				
NO. OF SHEETS	1	WORKING DESCRIPTION	NUMBER OF SHEETS	SECTION NO. / DRAWING NO.	SCALE	REVISION	APPROVAL	DATE
TITLE	1:10	A1						
DATE	971101							
DESIGN BY	KZP							
APPROVED BY	<i>[Signature]</i>	Designed by KOCKUMS AB, Molnd, on commission from SKB						
	<i>[Signature]</i>	TITLE PWR SERIAL 1						
		COPPER / IRON CANISTER						
		COPPER / IRON CANISTER						
GENERAL TOLERANCES	ISO 2768-M	DWG NO	00005-1	SHEET NO	()	REV	B	

980029 11:39 KSUKZP



REV.	NO.	DATE	DESCRIPTION OF REVISION	DESIGN	ZONE REF.	REV. BY
01	XI	19810	CO-SKB00002			KZP

NOTE
ANM.

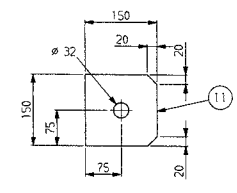
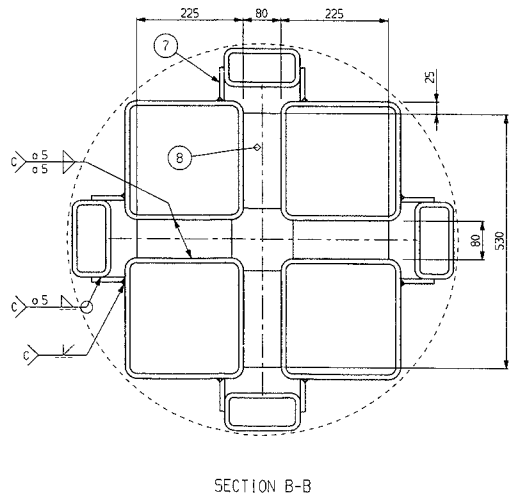
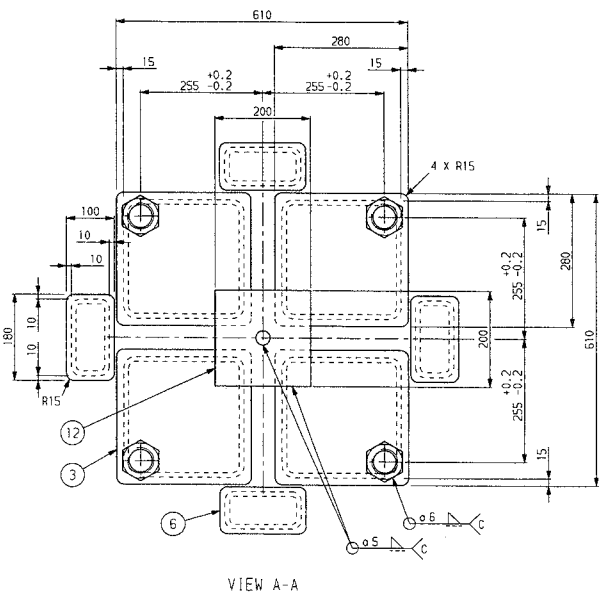
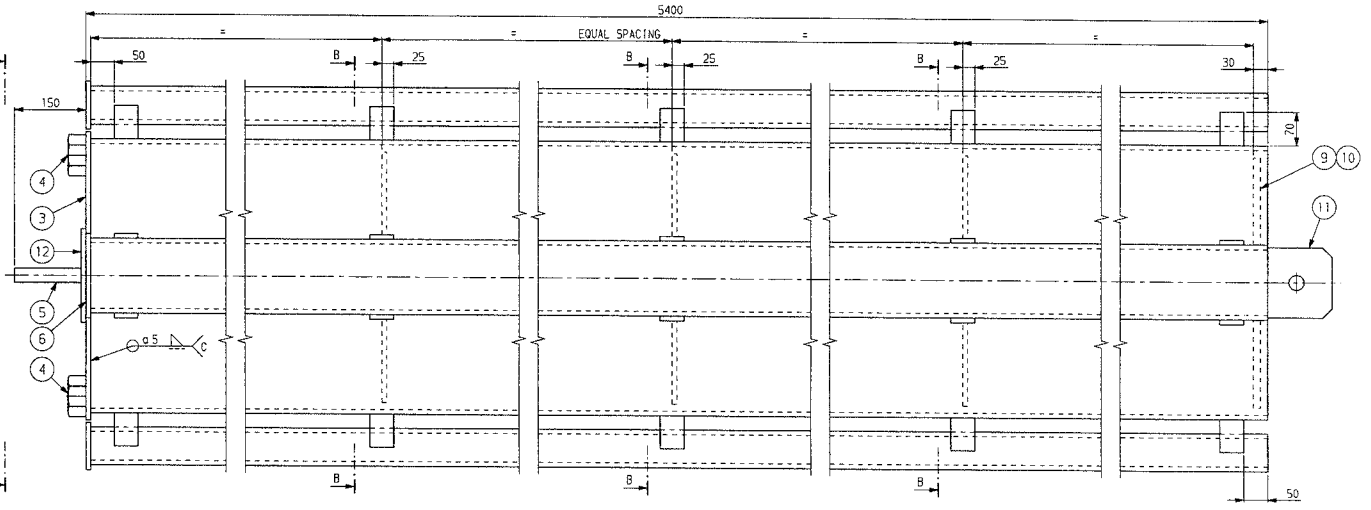
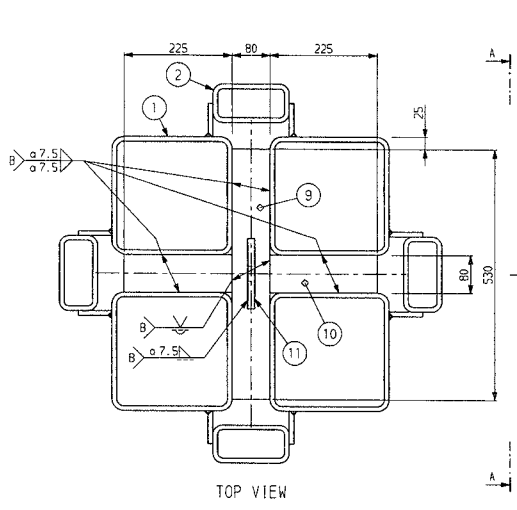
- 1. NUMBER OF CANISTER TO BE PUNCHED OR ENGRAVED
- 1. NUMMER PÅ BEHÅLLARE STANSAS ELLER GRAVERAS IN

DETAIL A
SCALE 1:1

3	1	HELL-COIL INSATS M30X3X48		A1	18/8	
2	1	STEEL PROFILE CASSETTE	00005-1211	A1		
1	1	CAST IRON				
SCALE		1:10	A1			
DATE		971101				
DESIGN BY		KZP	Designed by KOCKUMS AB „MalmS, on commission from SKB			
APPROVED BY		<i>CCALL</i> <i>776</i>	PWR SERIAL 1			
GENERAL TOLERANCES		ISO-2768-1 MEDIUM	CAST IRON INSERT, MACHINING COPPER / IRON CANISTER			
DRAWING NO.		00005-12	SHEET NO.		()	B

980423 11:40 K3UKZP

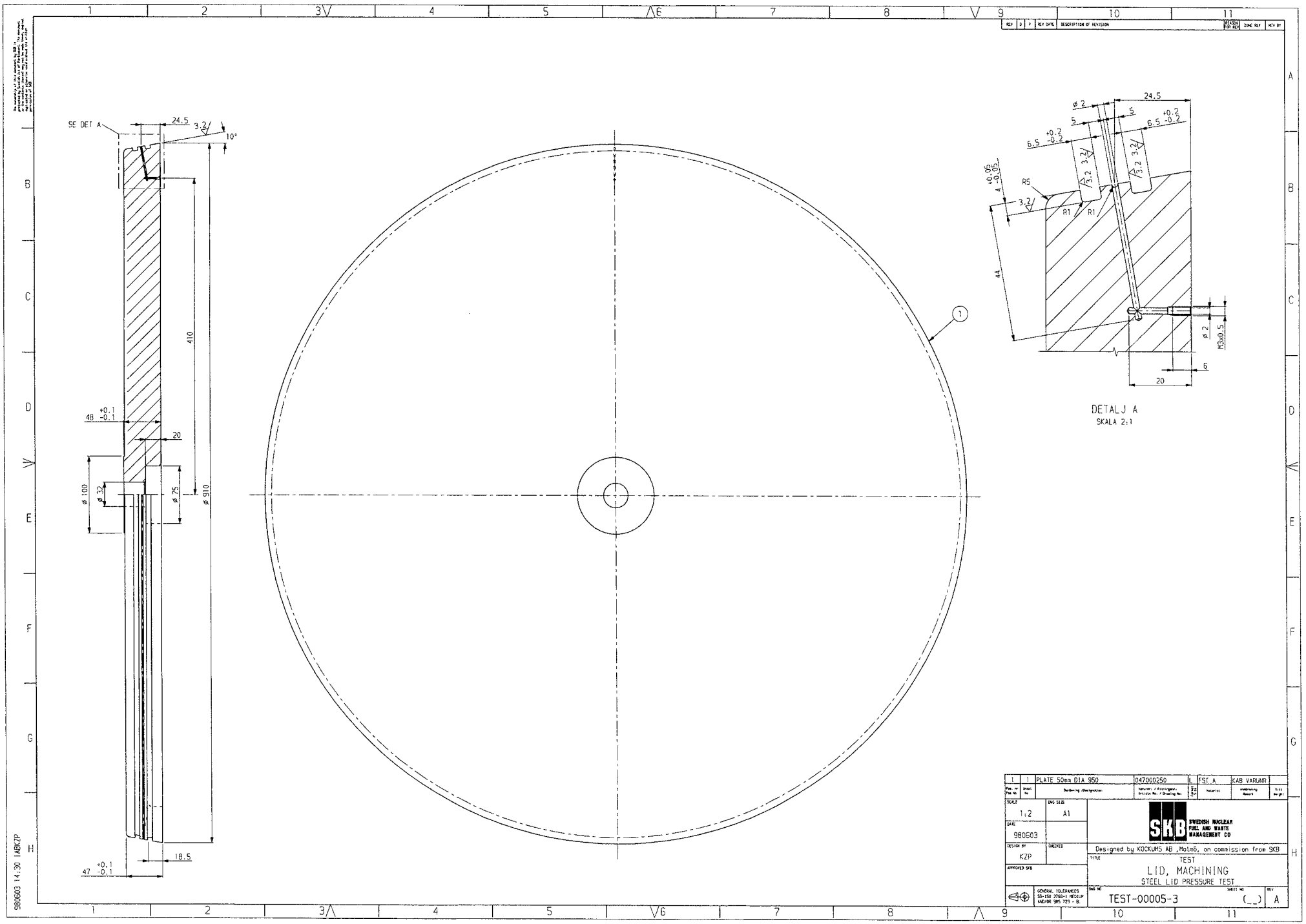
REV	NO	DATE	DESCRIPTION OF REVISION	DESIGNED	CHECKED	DATE
B	X	9810	CO-SKB00002			KZP
C	X	9814	CO-SKB00005			KZP




NO	QTY	DESCRIPTION	UNIT	QTY	NO	QTY	DESCRIPTION	UNIT	QTY
12	1	PLATE T=10 280 X 280			55	2134			
11	1	PLATE T=15 150 X 150			55	2134			
10	2	FLAT BAR 80 X 15 L=225			55	1312			
9	1	FLAT BAR 80 X 15 L=530			55	1312			
8	12	FLAT BAR 80 X 10 L=200			55	1312			
7	40	FLAT BAR 50 X 10 L=70			55	1312			
6	4	PLATE T=10 180 X 100			55	2134			
5	1	ROUND BAR DIA=30 L=140			55	1312			
4	4	NUT M8H-4B	ANS 511337		8, 8	08BH			
3	4	PLATE T=10 280 X 280			55	2134			
2	4	WKR 160 X 80 X 10			55	2134			
1	4	WKR 250 X 250 X 10			55	2134			

SCALE	1:5	DATE	A1
DESIGN	980128	DESIGNED BY	KZP
APPROVED	COA	DATE	1998
DESIGNED BY		Designed by KÖKKUMS AB, Mölnbo, on commission from SKB	
TITLE		PWR SERIAL 1	
GENERAL TOLERANCES		STEEL PROFILE CASSETTE	
DRAWING NO		COPPER / IRON CASSETTE	
SHEET NO		00005-1211	

580425 11:40 KSUKZP



1	1	PLATE 50mm DIA 950	047000250	1	FST A	KAB VARUR
REV	NO	DATE	DESCRIPTION OF REVISION	DESIGN	CHK	REV BY
SKD	1:2	A1		SKB		
DATE	980503			 SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO		
DESIGN BY	KZP	DRAWN	Designed by KOCKLINS AB, Molnd, on commission from SKB	TEST LID, MACHINING STEEL LID PRESSURE TEST		
APPROVED BY				TEST-00005-3		
GENERAL TOLERANCES: SK 150 ZISEN MEDMÅ AN/AN 905 723 - B			DRW NO	TEST-00005-3	SHEET NO	REV
					()	A



Projekt Inkapsling – Kapseltillverkning

Flik nr 1

Kapitel 1

Rev nr 2

Översikt

Giltig från 1998-02-01

Granskad av

Godkänd av

Innehållsförteckning

Kapitel	Rubrik	Rev
1	Översikt	2
2	Policies, verksamhetsinriktning och mål	1
3	Organisation, ansvar och befogenheter	0
4	Relation till Projekthandbok Inkapsling	0
5	Kvalitetssystem, kvalitetsrevisioner	1
6	Utveckling av kapseltillverkning	1
7	Styrning av kapseltillverkning	2
8	Styrning av stödprocesser (inköp, mottagningskontroll m m)	1
9	Flödesschema material och produkt	0
10	Styrning och behandling av dokument och data	1
11	Behandling av avvikelser	1
12	Korrigerande och förebyggande åtgärder, ständiga förbättringar	1
13	Utbildning och kompetens	0
14	Speciella termer och förkortningar	1
15	Standarder	1
16	Korsreferenslistor	1
17	Förteckning över Procedures	2
18	Ordlista – Glossary	1
19	Sökregister	1



Kapitel 17

Rev nr 2
Giltig från 1998-02-01
Granskad av C-G Andersson
Godkänd av T Hedman

Förteckning över Procedures

17 Förteckning över Procedures

Procedure	Rubrik	Anm
KT0501	Requirements for external quality auditing	
KT0601	Techniques for quality analysis	
KT0602	Qualification of manufacturing process	
KT0603	Qualification of supplier/subcontractor (manufacturing)	
KT0604	Qualification of supplier/subcontractor (inspection and metrological confirmation)	
KT0605	Qualification of non-destructive testing methods	x)
KT0701	Final inspection and testing	
KT0702	Packing and transport of canisters and/or canister components	
KT0703	Delivery of canisters and/or canister components, documentation	
KT0704	Requirements on quality plan and manufacturing and inspection plan	
KT0705	Identification of canister components	
KT0801	Control of inspection, measuring and test equipment	x)
KT0802	Maintenance of process equipment	x)
KT0803	Receiving inspection	x)
KT1001	Establishing and control of procedures	
KT1002	Retaining of quality documents and records	
KT1003	Handling of documents regarding canisters from trial manufacture	
KT1004	Establishing and control of technical specifications	
KT1101	Control of nonconformities at SKB	x)
KT1102	Request for concession	
KT1103	Control of nonconformities at supplier	

x) under framtagning

Revisionsstatus för procedures framgår av innehållsförteckning i särskilt dataregister eller i pärm för procedures.



Procedure No KT0705

Identification of Canister Components

Table of Contents

- 1 Purpose**
- 2 Definition**
- 3 Range of application**
- 4 Responsibilities**
- 5 Performance of marking**
- 6 Records**
- 7 Document control**

Attachment 1: Numbering system



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique


Procedure No KT0705

Revision No 0

Valid from 25 Jan 1998

Identification of Canister Components

Reviewed by 

Approved by 

KT0705 Identification of Canister Components

1 Purpose

The purpose of this procedure, KT0705, is to describe requirements on physical marking of canister components and assembled canisters ordered by SKB, with individual identification numbers.

2 Definition

marking

method of permanently providing canister components and assembled canisters with physical sign of identity

3 Range of application

This procedure applies when permanent marking of canister components and assembled canisters is required by SKB – Canister Manufacturing Technique, unless other is specified.

4 Responsibilities

The supplier or subcontractor shall appoint a management member to monitor the marking activities.

The supplier or subcontractor is responsible for

- ensuring that operators, performing the marking, are well familiar with the equipment to be used,
- renewing the marking of every canister component after operations such as cutting, bending and machining,
- informing the operators using steel stamps about the re-marking requirements,
- recording the performed marking of canister components and assembled canisters in the prescribed manner.

The operator performing marking at the supplier or subcontractor is responsible for

- using only equipment well familiar to the operator,
- using only "low stress stamps",
- ensuring before use that the stamps are undamaged,
- reporting any discrepancy to the supplier's or subcontractor's management,
- handling and maintaining the equipment in accordance with the equipment manufacturer's directions.



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Procedure No KT0705

Revision No 0

Valid from 25 Jan 1998

Identification of Canister Components

Reviewed by C-G Andersson

Approved by T Hedman

Project Manager Canister Manufacturing Technique, PM, is responsible for

- assessing the identification marking needs in co-operation with Canister Design,
- providing suppliers and/or subcontractors with information about marking requirements.

5 Performance of marking

5.1 Marking equipment

Type of steel stamps to be used: "low stress stamps".

Stamp character size: 10 – 15 mm

5.2 Marking

After each operation such as cutting, rolling and machining of the canister components, all items shall be marked.

The finished canister shall be marked with canister number. Components shall be given identification numbers according to attachment 1.

The position of the marking shall be as specified on the applicable SKB drawing.

6 Records

The supplier or subcontractor is responsible for

- assembling the traceability documentation, including the marking records and any discrepancy reports,
- retaining this information in accordance with SKB requirements,
- submitting the information to SKB – Canister Manufacturing Technique.

PM is responsible for

- retaining records about performed marking of canister components and assembled canisters^{1,2}.

7 Document control

QA Administration is responsible for document control, including distribution, of this procedure³.

1 Procedure KT1002

2 Procedure KT1003

3 Procedure KT1001



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Procedure No KT0705

Revision No 0

Valid from 25 Jan 1998

Identification of Canister Components

Reviewed by C-G Andersson

Approved by T Hedman

Attachment 1: Numbering System

1 Purpose

The purpose of this attachment to procedure KT0705 is to describe a numbering system for the identification and physical marking of canister components and complete, assembled canisters. These ID-numbers of the individual components shall be used during all manufacturing and in all documentation such as orders, material specifications, manufacturing and quality control records, including those issued by suppliers and subcontractors.

2 Principle

<i>Components</i>	<i>ID numbers</i>	<i>Examples</i>
Copper tubes	T1, T2, T3...	Tube 1 etc
Bottoms for copper tubes	TB1, TB2, TB3...	Tube Bottom 1 etc
Lids for copper tubes	TL1, TL2, TL3...	Tube Lid 1 etc
Inserts	I1, I2, I3...	Insert 1 etc
Lids for inserts	IL1, IL2, IL3...	Insert Lid 1 etc
Cassettes	K1, K2...	Cassette 1 etc
Complete, assembled canisters	C1, C2, C3...	Canister 1 etc



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS001

Revision No 0

Valid from 1 June 1998

Prepared by *Gösta Göra Andersson*

Reviewed by *J. K. K.*

Approved by *[Signature]*

Material for Copper Canisters

KTS001 Material for Copper Canisters

1 Purpose

The purpose of this technical specification, KTS001, is to define technical requirements and documentation routines for copper ingots, rolled copper plates or copper hot extrusions.

2 Technical requirements

2.1 Material specification

The material for copper canisters shall fulfil the specification in the standard UNS C10100 (Cu-OFE, table 2) or En 133/63:1994 Cu-OF1 (table 3) with the following additional requirements: O < 5 ppm, P 40 – 60 ppm, H < 0,6 ppm, S < 8 ppm and in **rolled plates** or **extrusions** a grain size of 180 – 360 μm . The grain size is measured according to ASTM's comparison method E112-95.

2.2 Chemical composition, grain size, and mechanical properties

Table 1. Requirements and comments concerning chemical composition, grain size, and mechanical properties

Requirements	Specification	Comments
Weldability	O < 5 ppm	Higher levels give a reduced weldability.
Ductility	H < 0,6 ppm	Higher levels give reduced mechanical properties. (Hydrogen embrittlement).
Tensile strength, ductility	S < 8 ppm	Higher levels give reduced mechanical properties caused by non-dissolved sulphur which will be concentrated to grain boundaries.
Creep ductility	P 40 – 60 ppm	A phosphorus content of this order reduces the influence of sulphur impurities, increases creep ductility, increases recrystallisation temperature and has a minor influence on the weldability.
	Grain size 180 – 360 μm (Plates or extrusions)	This grain size gives a resolution at ultrasonic testing comparable to X-ray testing of 50 mm thick copper.
Ductility	Elongation > 40% RT – 100°C (Plates or extrusions)	The canister will be deformed 4% in final repository.
Creep ductility	Elongation at creep-rupture > 10% RT – 100°C (Plates or extrusions)	Same comment as above.



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS001

Revision No 0

Valid from 1 June 1998

Prepared by C-G Andersson

Reviewed by L Werme

Approved by T Hedman

Material for Copper Canisters

Table 2. UNS C10100 composition

Element	Cu	Ag	As	Fe	S	Sb	Se	Te	Pb
	%	ppm ² →							
	99,99 ¹	25	5	10	15	4	3	2	5
		Bi	Cd	Mn	Hg	Ni	O	Sn	Zn
		ppm ² →							
		1	1	0,5	1	10	5	2	1

Table 3. EN 133/63 Cu-OF1 composition

Element	Cu	Ag	As	Fe	S	Sb	Se	Te	Pb
	(rem.)	ppm →							
		25 ²	5 ³	10 ⁴	15 ²	4 ²	2 ⁵	2 ⁶	5 ²

- 1 Including Ag
- 2 Maximum content
- 3 $\sum \text{As} + \text{Cd} + \text{Cr} + \text{Mn} + \text{Sb} \leq 15 \text{ ppm}$
- 4 $\sum \text{Co} + \text{Fe} + \text{Ni} + \text{Si} + \text{Sn} + \text{Zn} \leq 20 \text{ ppm}$
- 5 $\sum \text{Bi} + \text{Se} + \text{Te} \leq 3 \text{ ppm}$
- 6 $\sum \text{Se} + \text{Te} \leq 3,0 \text{ ppm}$

2.3 Nominal size and tolerances

Copper ingot

Nominal weight, size and surface condition according to SKB order.

Rolled plate

Nominal length, width and thickness according to SKB order.

Tolerances:

- Thickness +5% / -0 mm
- Width +5 / -0 mm
- Length +5 / -0 mm
- Flatness 5mm

Extruded tube

Nominal length, diameter, wall thickness and tolerances according to SKB order.



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS001

Revision No 0
Valid from 1 June 1998
Prepared by C-G Andersson
Reviewed by L Werme
Approved by T Hedman

Material for Copper Canisters

3 Inspection and testing of plate or tube

3.1 Soundness

The rolled plate or the extruded tube shall be controlled by 100% ultrasonic testing. Size and shape of reference defect and acceptance criteria shall be as stated in SKB order.

3.2 Mechanical properties and structure

Test pieces for tensile testing (Rp 0,2; Rm; A 50 mm), specimens for hardness test (HRF) and grain size/structure inspection shall be taken from each plate or extruded tube.

Tensile testing shall be performed in the normal manner. Hardness and grain size/structure shall be determined close to the surface and also in the centre of the material. The structure shall be documented by photos at circa 100 x magnification.

4 Documentation

4.1 Certification of copper ingots

The copper ingot manufacturer shall issue a certificate according to EN 10204 3.1.B, stating as a minimum:

- the manufacturer's name and address,
- date of issue,
- order number,
- heat or cast number,
- copper ingot dimensions and weight,
- applicable standard,
- chemical composition,
- result of hydrogen embrittlement test (ASTM B 170), determination of electrical conductivity and density,
- a declaration that the material has been produced in accordance with the company's own current quality system.

4.2 Hot forming process

The hot forming process shall be performed in such a manner that the specified properties of the delivered product are met. The process shall be controlled and documented by the manufacturer of plate or tube to the extent necessary for ensuring reproducibility.



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS001

Revision No 0
Valid from 1 June 1998
Prepared by C-G Andersson
Reviewed by L Werme
Approved by T Hedman

Material for Copper Canisters

4.3 Certification of processed copper material

The plate or tube manufacturer shall issue a certificate according to EN 10204 3.1.B, stating as a minimum:

- the manufacturer's name and address,
- date of issue,
- SKB order number,
- original heat or cast number,
- lot number and/or number of the rolled plate or extruded tube,
- dimensions and weight of the plate or tube,
- results of ultrasonic testing, tensile and hardness testing, and determination of grain size and structure,
- a declaration that the material has been produced in accordance with the company's own current quality system.

4.4 Submission of documents and information

Before rolling or extrusion, the copper ingot certificate according to 4.1 shall be sent to SKB by mail or telefax for authorization.

The certification according to 4.3 shall be sent to SKB for authorization prior to delivery of the rolled plate or extruded tube.

The supplier shall, without delay, give complete information to SKB on all observations and other circumstances in connection with the production which may influence the design of the copper canister. SKB shall have the right to use this information without any restriction.

5 Document control

QA Administration is responsible for document control, including distribution, of this technical specification¹.

1 Procedure KT1001



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS011

Revision No 0

Valid from 1 June 1998

Prepared by *Ulla-Carin Andersson*

Reviewed by *[Signature]*

Approved by *[Signature]*

Nodular Cast Iron SS 0717 Insert

KTS011 Nodular Cast Iron SS 0717 Insert

1 Purpose

The purpose of this technical specification, KTS011, is to define the technical requirements and documentation for nodular cast iron inserts.

2 Technical requirements

2.1 Material specification

The material specification for nodular cast iron inserts coincides with the requirements in SS 14 07 17- 00, issue 4 1981.

3 Production

3.1 Drawings

Drawings according to applicable SKB order shall be used for the production and inspection of inserts.

3.2 Steel section cassette¹

The cassette shall be shot blasted and stored under dry conditions to prevent rusting. The shot blasting shall be done as closely in time as possible prior to casting.

3.3 Casting

The melt temperature at the beginning of the casting shall be recorded.

Sample for chemical analysis shall be taken in accordance with normal praxis.

The time from casting to the knocking out shall be recorded.

1 Specification KTS021



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS011

Revision No 0
Valid from 1 June 1998
Prepared by C-G Andersson
Reviewed by L Werme
Approved by T Hedman

Nodular Cast Iron SS 0717 Insert

4 Inspection and testing

4.1 Tensile testing and micro structure evaluation

Test pieces for tensile testing shall be taken from cast-on test samples close to the top and bottom of the casting. Normal tensile testing shall be performed. Requirements for separately cast test samples according to SS 14 07 17- 00 shall apply.

Hardness testing (HB) and micro structure evaluation shall also be performed on the test pieces. The structure shall be documented in micrographs at circa 100x magnification.

4.2 Size and shape inspection

The casting shall be measured to check its conformity with the specified size.

For BWR fuel canister prototypes with cassettes made from square sections (VKR) 180 x 180 x 10 mm (outer size x thickness) the straightness of the channels shall be sufficient to permit a 152 x 152 mm square profile template in accordance with applicable SKB drawing to freely move down the entire channel.

For PWR fuel canister prototypes with cassettes sections 250 x 250 x 10 mm the corresponding template size is 224 x 224 mm.

4.3 Ultrasonic testing

The casting shall be tested from the outside with regard to inner defects such as non-metallic inclusions and other inhomogeneities. 100% outside testing shall be performed. A 6 mm diameter flat bottom hole shall be used as the reference defect. Inhomogeneities giving indications equal to or greater than 50% of the reference level shall be recorded. The position and size shall be recorded on sketches.

Operators shall have a documented competence according to ASNT-TC-1A Level 2.

5 Documentation

5.1 Photographic documentation

The production sequence shall be photographically documented when required by SKB. The extent is to be agreed with SKB from case to case.



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS011

Revision No 0
Valid from 1 June 1998
Prepared by C-G Andersson
Reviewed by L Werme
Approved by T Hedman

Nodular Cast Iron SS 0717 Insert

5.2 Certification

A certificate according to EN 10204 3.1.B shall be issued by the producer stating as a minimum:

- the producer's name and address,
- SKB order number,
- SKB drawing number,
- casting date,
- cast or heat number,
- weight of casting,
- chemical composition,
- results of tensile testing, micro structure evaluation, size and shape inspection, and ultrasonic testing,
- a declaration that the material has been produced in accordance with the company's own current quality system.

5.3 Submission of documents and information

The documentation according to 3.3, 5.1 and 5.2 shall be sent to SKB for authorization prior to delivery.

The supplier shall, without delay, give complete information to SKB on all observations and other circumstances in connection with the production which may influence the design of the insert. SKB shall have the right to use this information without any restriction.

6 Document control

QA Administration is responsible for document control, including distribution, of this technical specification.¹

1 Procedure KT1001



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS021

Revision No 0

Valid from 1 June 1998

Prepared by *Oliver Götz Hedman*

Reviewed by *Stellan*

Approved by *Stellan*

Steel Section Cassette

KTS021 Steel Section Cassette

1 Purpose

The purpose of this technical specification, KTS021, is to define the technical requirements and documentation for the manufacture of steel section cassettes intended for cast canister inserts.

2 Technical requirements

2.1 Material specification for square sections

The material specification for VKR¹ (RHS²) square hollow sections coincides with the requirements in SS 14 21 34-04, issue 4 1993, concerning chemical composition and mechanical properties (ReL, Rm, A5). Test pieces for determination of lower yield strength, tensile strength and elongation according to SS 11 21 10 shall be used.

For BWR fuel canisters 180 x 180 x 10 mm (outer size [D] x thickness [t]) VKR square section size applies, and for PWR fuel canisters the corresponding size is 250 x 250 x 10 mm.

Size and shape tolerances, based on SS 21 28 20 and SS 21 28 30:

- D: $\pm 1\%$ of D
- t: $- 6\%$ of t
- squareness: $90^\circ \pm 1^\circ$
- flatness deviation: $\leq 1\%$ of D (across section, inwards or outwards)
- skewness: max 2 mm + 0,5 mm/m section length
- outer corner radius: max 3 t
- length: +10 – 0 mm
- straightness: 0,20% of total length

Seamless sections as well as welded sections can be used. In the latter case the weld bead shall be flush against the section inner wall, if necessary machined.

2.2 Material specification for plates and flat bars

The material specification for steel plates and flat bars coincides with the requirements in SS 14 13 12, issue 11 1990.

Plate and bar sizes are specified on applicable SKB drawings.

1 Hot finished square structural hollow sections (Varmbearbetade konstruktionsrör)
2 Rectangular hollow sections



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS021

Revision No 0
Valid from 1 June 1998
Prepared by C-G Andersson
Reviewed by L Werme
Approved by T Hedman

Steel Section Cassette

2.3 Material specification for tubes

The material specification for steel tubes coincides with the requirements in SS 14 21 72, issue 11 1990.

The tube size is specified on the applicable SKB drawing.

3 Production

3.1 Drawings

Drawings according to applicable SKB order shall be used for the manufacture of cassettes.

3.2 Manufacture of steel section cassette

The cassette shall be assembled by welding. The selection of welding method is at the discretion of the manufacturer but shall follow a welding procedure specification (WPS), issued by the manufacturer. Precautions shall be taken to prevent deformation of the sections as well as burning-through during the welding operation.

4 Inspection and testing

4.1 Size and shape inspection

The completed manufactured cassette shall be measured to check its conformity with the specified size and shape. For prototype cassettes made from square sections (VKR) 180 x 180 x 10 mm (outer size x thickness) the straightness of the channels shall be sufficient to permit a 156 x 156 mm square profile template, manufactured according to applicable SKB drawing, to freely move down the entire channel.

For cassettes made from 250 x 250 x 10 mm sections the corresponding square profile template shall be 226 x 226 mm.

4.2 Inspection of welds

The complete, welded cassette shall be visually inspected for welding defects, and the welded bottom ends of the sections shall be penetrant tested. Cracks and incomplete welds at the bottom ends are not permitted. Any defects of such a type shall be repaired by welding and subsequently inspected by the manufacturer.



Encapsulation Plant Project – Canister Manufacturing Technique

Technical Specification No KTS021

Revision No 0
Valid from 1 June 1998
Prepared by C-G Andersson
Reviewed by L Werme
Approved by T Hedman

Steel Section Cassette

5 Documentation

5.1 Steel section certificates

The steel section producer shall issue a certificate according to EN 10204 2.2, or higher, stating, as a minimum:

- the steel section producer's name and address,
- reference to applicable material/product standard,
- result of chemical analysis and mechanical testing of material according to clause 2.

5.2 Photographic documentation

The cassette manufacture shall be photographically documented when required by SKB. The extent is to be agreed with SKB from case to case.

5.3 Other documentation

The cassette manufacturer shall issue a report indicating

- weight of cassette,
- result of size and straightness inspection,
- result of visual and penetrant inspection of welds.

5.4 Submission of documents and information

The documentation mentioned in 5.1, 5.2 and 5.3 shall be submitted to SKB by the party receiving the SKB order (foundry or cassette manufacturer).

The supplier shall also, without delay, give complete information to SKB and to the foundry concerned on all observations and other circumstances in connection with the production which may influence the design of the cassette. SKB shall have the right to use this information without any restriction.

6 Document control

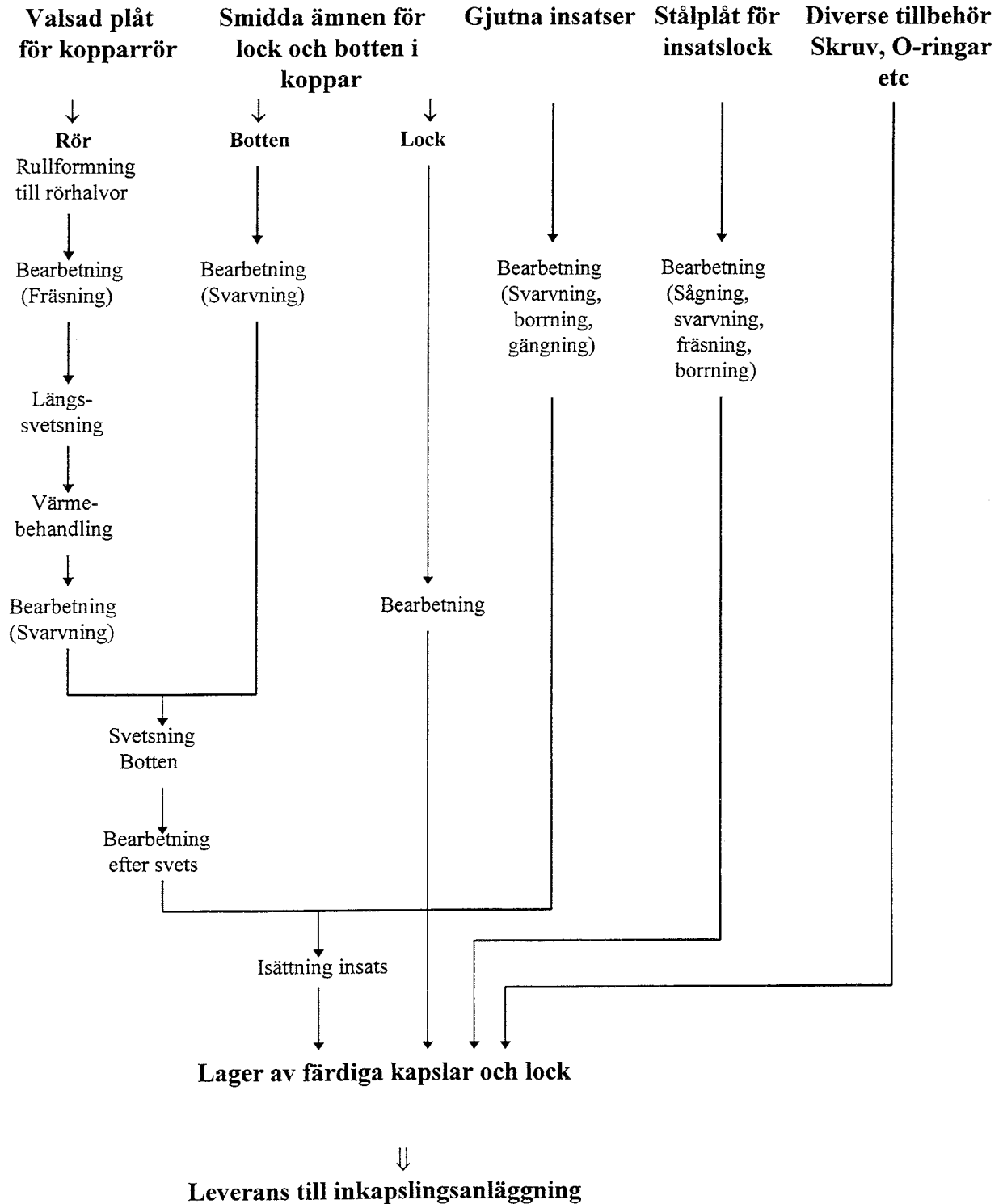
QA Administration is responsible for document control, including distribution, of this technical specification¹.

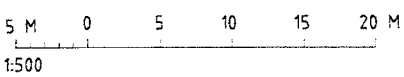
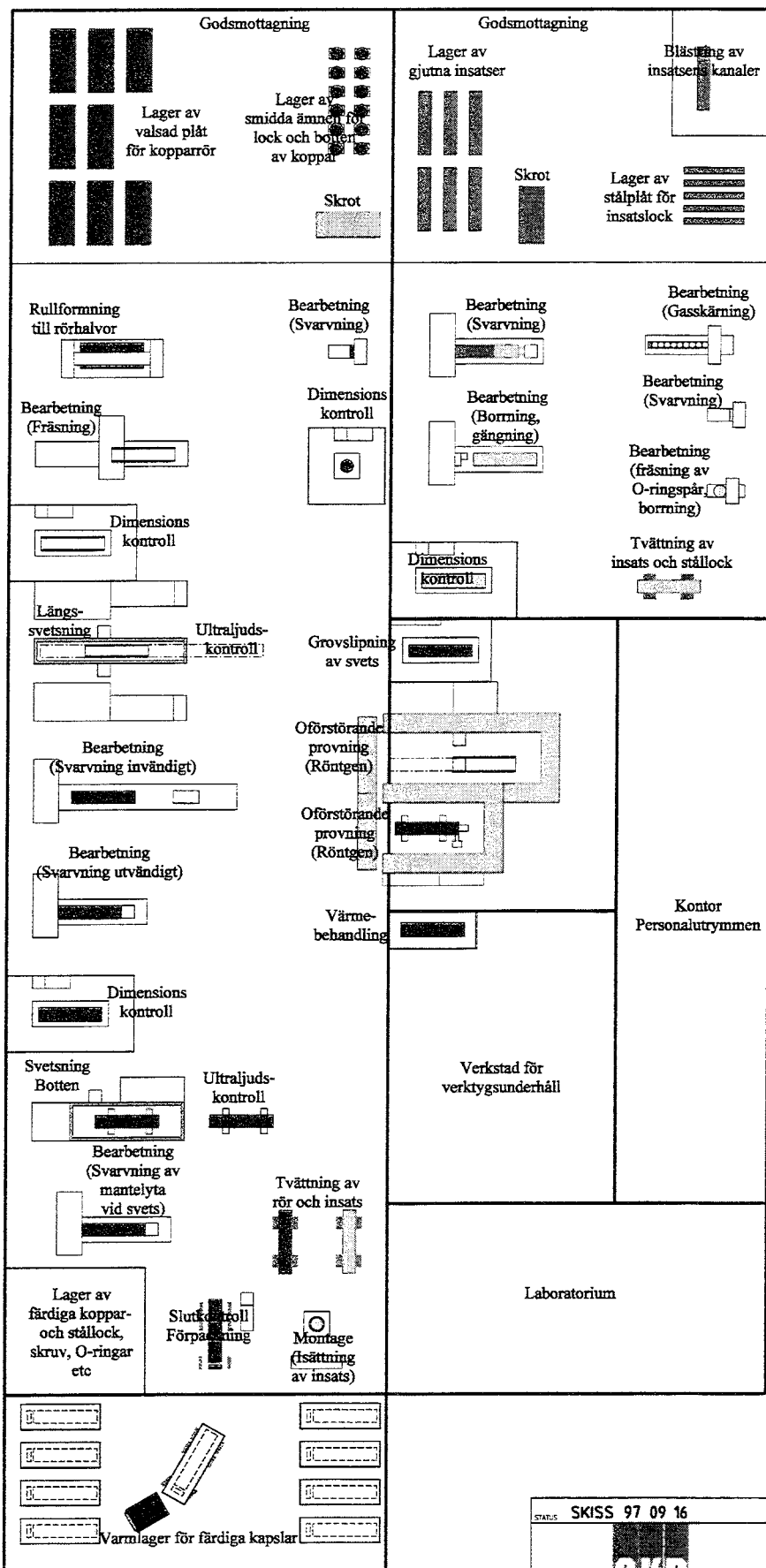
1 Procedure KT1001


KAPSELFABRIK

ÖVERSIKT - FLÖDESSCHEMA

Inkommande material från underleverantörer





STATUS	SKISS 97 09 16	REV	NO	NOTE	DRAWN	APPR	DATE
 Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co SKB, Box 5804, S-102 43 Stockholm, Sweden Telephone +46 8 665 23 00 Fax +46 8 661 57 19		KAPSELFABRIK DISPOSITION AV ANLÄGGNINGEN					
		LAYOUT		SCALE 1:500			
DRAWN	DATE	CAD-FILE NO	DRIVING NO	REV			
DS	05	KF02001.DGN	SKISS 2				

