

Utformning av sättverktyg

Development of a placing tool

**Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet**

Leila Jaber

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik

Avdelningen för Avancerad oförstörande provning

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2014

Examinator: Gert Persson Examensarbete No. 112/2014

FÖRORD

Detta examensarbete har utförts hos Arvika Gjuteri under våren 2014 och utgör 15 högskolepoäng av min maskiningenjörsutbildning (180 hp), med inriktning konstruktion, på Chalmers Tekniska Högskola.

Jag skulle vilja tacka alla på Arvika Gjuteri för deras vänliga bemötande och som fått mig att känna mig välkommen. Ett stort tack till min handledare Kajsa Bergquist som har varit ett stort stöd under arbetets gång och som alltid tagit sig tid att svara på mina frågor. Jag vill också tacka Niklas Alfredsson för dina kunskaper inom ritning och konstruktion, samt tillhandahållande av CAD-program.

Ett stort tack till min examinator och handledare på Chalmers, Gert Persson, för din hjälp under arbetets gång.

Leila Jaber

Göteborg maj 2014

SAMMANFATTNING

Arvika Gjuteri är ett företag som tillverkar gjutna delar till bland annat lastbilar och hjullastare. Under året ska företaget börja tillverka en ny produkt åt en kund, vilket måste anpassas för masstillverkning. För att möjliggöra detta krävs ett verktyg som snabbt, och med stor noggrannhet, kan placera kärnpaketet perfekt i gjutformen.

För att underlätta kärnsättningen utvecklades ett sättverktyg som med hjälp av styrbussningar styr kärnorna på rätt plats i formen. När sandkärnorna är korrekt placerade i fixturen kommer en ram med expanderenheter och hämtar kärnpaketet och placerar det perfekt i gjutflaskorna.

Arbetet har utförts på Chalmers Tekniska Högskola och Arvika Gjuteri.

Projektet har resulterat i ett fungerande sättverktyg. Arbetet har till största delen bestått av modellering i Solid Edge ST4. En fungerande 3D-modell av sättverktyget har tagits fram utifrån angiven kärnpaket. Modellen har utvärderats med teknisk balkteori för att säkerställa att konstruktionen klarar erforderlig last. Slutligen har det genererats sammanställnings- och detaljritningar på sättverktygets olika delar.

SUMMARY

Arvika Gjuteri is a company that manufactures molded parts for trucks and wheel loaders. During this year the company will start to manufacture a new product for a customer, which has to be adapted for scale production. To make this possible a tool has to be developed which can place the sand core perfectly into the mold with speed and accuracy.

To ease the process of placing the sand core in the mold, a tool was developed which steers the cores in place with bushings. A frame with lifting devices collects the sand cores from the tool and places them perfectly in the mold.

The project has been executed at Chalmers University of Technology and Arvika Gjuteri.

The project has resulted in a fully functioning placing tool. The most time-consuming part of the project was modeling in Solid Edge ST4. An operating 3D-model of the tool was compiled from the assigned sand core model. The tool has been evaluated with elementary beam theory to ensure that the construction would hold for the required load. Finally both assembly- and part drawings were created of the different parts of the tool.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Syfte	1
1.3. Avgränsningar	1
1.4. Precisering av frågeställningen	2
2. TEORETISK REFERENSRAM	3
2.1. Produktion	3
2.2. Kärnsättning	4
2.3. Brainstorming.....	10
2.4. Konceptval	10
2.5. Modellerings	11
3. METOD	12
4. KONSTRUKTION	14
4.1. Expanderenhet.....	14
4.2. Ok.....	16
4.3. Styrbusning.....	16
4.4. Fixtur	20
4.5. Stödplatta.....	21
5. BERÄKNINGAR	23
5.1. Beräkningar på oket	24
5.2 Beräkningar på fixturen.....	28
5.3. Utvärdering av beräkningarna	31
6. RITNINGAR	33
7. SLUTSATS	34
7.1. Analys av resultat	34
7.2. Fortsatt arbete	34
REFERENSER	36
BILAGA 1 - RITNINGAR	

1. INLEDNING

I detta kapitel beskrivs bakgrunden och syftet med projektet. Även preciseringen av frågeställningen, samt vilka avgränsningar som gjorts presenteras.

1.1. Bakgrund

Arvika Gjuteri är ett företag som tillverkar gjutna delar till bland annat lastbilar och hjullastare. Under året ska företaget börja tillverka en ny produkt till en kund.

Eftersom produkten är ny måste den anpassas för masstillverkning, vilket kräver att kärnpaketet snabbt, och med stor noggrannhet, kan placeras på rätt plats. För att underlätta detta har det utvecklats flera verktyg, där ett av dem kallas sättverktyg. Sättverktyget styr, med hjälp av styrbussningar, sandkärnorna på rätt plats i formen. När sandkärnorna är korrekt placerade i fixturen kommer en ram med expanderenheter och hämtar kärnpaketet och placerar det perfekt i gjutflaskorna.

Det är av stor vikt att sättverktyget är perfekt anpassad till produktens form eftersom minsta lilla fel kan medföra att produkten måste kasseras.

1.2. Syfte

Gjutning är en process som kräver stor noggrannhet. Eftersom mänskliga faktorer, som att sätta ett tungt kärnpaket med stor precision i en gjutflaska, inte kan uteslutas helt ur gjutprocessen, efterfrågar Arvika Gjuteri ett sättverktyg för att minimera dem. Sättverktyget som kommer att designas i detta projekt är framtagen för en ny produkt som företaget kommer börja tillverka under året.

1.3. Avgränsningar

- Arvika Gjuteri förser mig med en CAD-modell av den färdiga produkten och kärnpaketet, alltså ingår det inte i projektet att jag ska rita dessa.
- I projektet kommer inte tillverkningen av det verkliga sättverktyget att behandlas.

Följande moment kommer att utföras vid eventuell tid i slutet av projektet:

- Arvika Gjuteri har en tid funderat på att utforma ett universalsättverktyg som kan anpassas till flera olika produkter, i stället för att tillverka en ny för varje beställning. Företaget har därför bett mig föreslå en utformning av detta verktyg.
- Beräkna hur stor presskraft ett hål i sandkärnan tål som expanderenheten går ner i för att hämta kärnan.
- Visualisera hur kärnpaketet rör sig vid kärnsättning (om det skulle finnas tillgång till Solid Edge ST4:s FEM-program).
- Optimera oket för erhållande av lägre vikt.

1.4. Precisering av frågeställningen

- Utforma fixturen med styrbussningar utifrån kärnpaketet som Arvika Gjuteri förser mig med.
- Utforma oket med tillhörande expanderenheter.
- Sammanställa sättverktygets alla delar (ram, fixtur, ok och expanderenheter) i Solid Edge ST4.
- Utföra beräkningar på oket och fixturen där hänsyn ska tas till anordningens utböjning. Alla beräkningar utförs för hand och kommer att vara av enklare hållfasthetstyp och utvärderas med teknisk balkteori. Beräkningarna ligger till grund för att säkerställa att anordningen klarar av vikten av kärnpaketet utan att överskrida den tillåtna utböjningen.
- Generera sammanställnings- och detaljritningar på sättverktygets olika delar.

görs som sitter i formmaskinen. Det görs ett avtryck av modellens ovansida i överdelsflaskan och ett avtryck av undersidan i underdelsflaskan.

Flaskhalvorna skickas sedan vidare till kärnsättningsstationerna. Beroende på kärnornas storlek så stannar de vid olika stationer där kärnorna placeras i underdelsflaskan antingen med robotar eller för hand.

Flaskhalvorna går sedan vidare till nästa station där överdelsflaskan vändes upp och ner (roteras 180 grader). Flaskhalvorna fortsätter till nästa station där de läggs ihop, så att det bildas en komplett flaska.

Flaskan går vidare till smältverket, där den fylls med smält järn med hjälp av en gjutmaskin. Järnet fyller formhåligheterna med det smälta material, kärnpaketet som ligger i flaskan utgör hålrummet i det färdiga ämnet. Temperaturen på smältan är ungefär 1400 °C.

När flaskan är fylld måste ämnet svalna innan den kan tas ur flaskan. Avsvalningen måste ske långsamt och under kontrollerade förhållanden så att den efterfrågade hårdheten uppnås, vilket utförs på en svalningsbana. På avsvalningen transporteras flaskorna runt under ca 120 minuter så att de hinner svalna. Svalningen sker i rumstemperatur och överskottsvärmen sugas bort för att skapa luftströmning som underlättar svalningen.

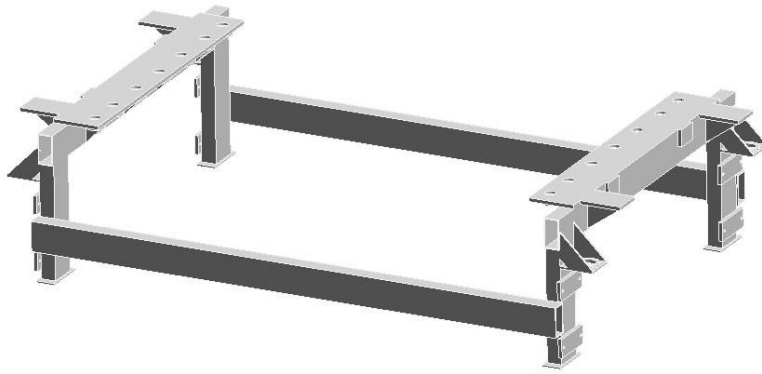
När ämnet är ca 700 – 800 °C är den tillräckligt sval för att behålla sin struktur och form, vilket tillåter öppning av flaskorna. Flaskorna skickas till en maskin som öppnar flaskorna, där ämnet transporteras vidare för vidare svalning i öppna containrar i ca. fem timmar, medan de tomma flaskhalvorna skickas vidare till formningen, där den åter fylls med formsand, och processen börjar om från början.

Det svala ämnet skickas sedan vidare till Efterbehandlingen där ämnet rengörs och målas innan den kan levereras till kunden.

2.2. Kärnsättning

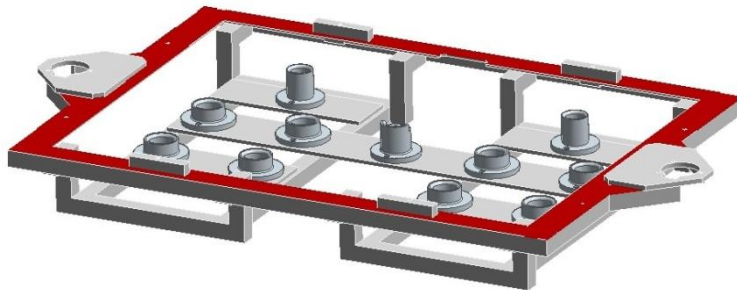
Kärnan är den del som gör "invändiga" konturer/hålrum/kanaler i produkten. Kärnor består av sand och olika tillsatsmedel, t.ex. bindemedel, som härdas när det tillsätts gas, vilket sker i en speciell kärnmaskin.

Ett sättverktyg används till att snabbt och noggrant placera kärnorna i gjutflaskor med hjälp av styrbussningar. I grunden består den av en ram och en fixtur.



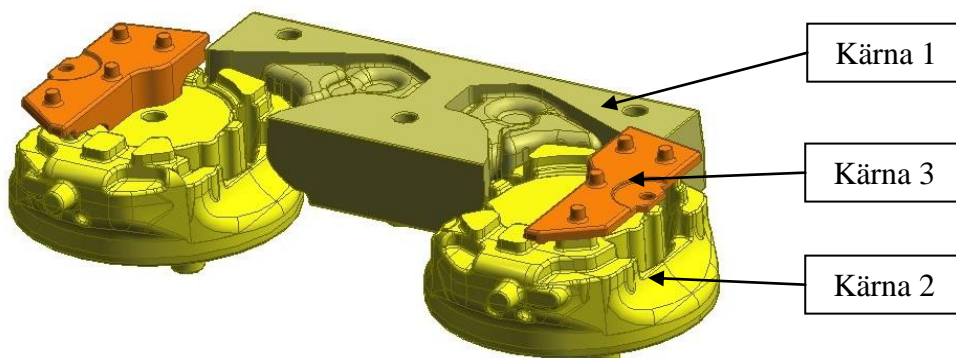
Figur 2 - Ram.

I *Figur 2* visas ramen till sättverktyget som projektet innefattar. Ramen är en standarddel som används till alla sättverktyg. Ok som konstrueras måste därmed anpassas efter ramen. På flänsarna till ramen finns det hål som oket monteras fast i.



Figur 3 - Fixtur med styrbussningar.

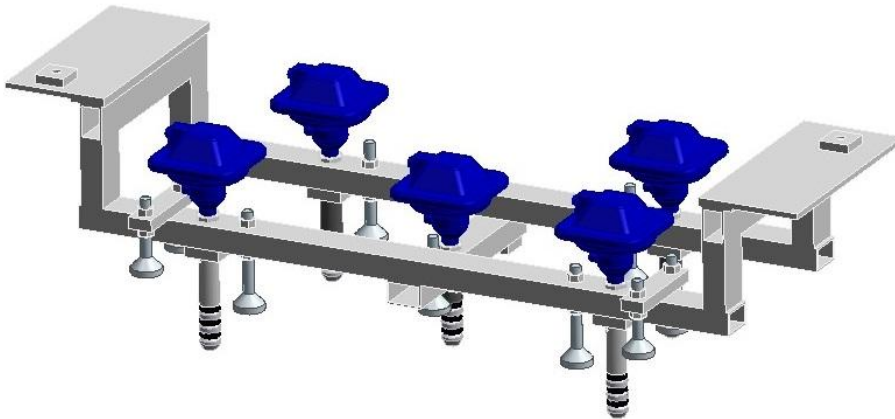
I *Figur 3* visas fixturen med styrbussningar som konstruerades till sättverktyget i projektet. I botten på fixturen sitter det styrbussningar som är anpassade efter kärnpaketet i *Figur 4*. Till varje kärna finns det två typer av styrning, fin och grov. Finstyrbussningens uppgift är att med noggrannhet styra rätt kärnpaketet i sättverktyget, medan grovstyrbussningen endast tillför stöd så att kärnorna kan stå stadigt.



Figur 4 - Kärnpaketet.

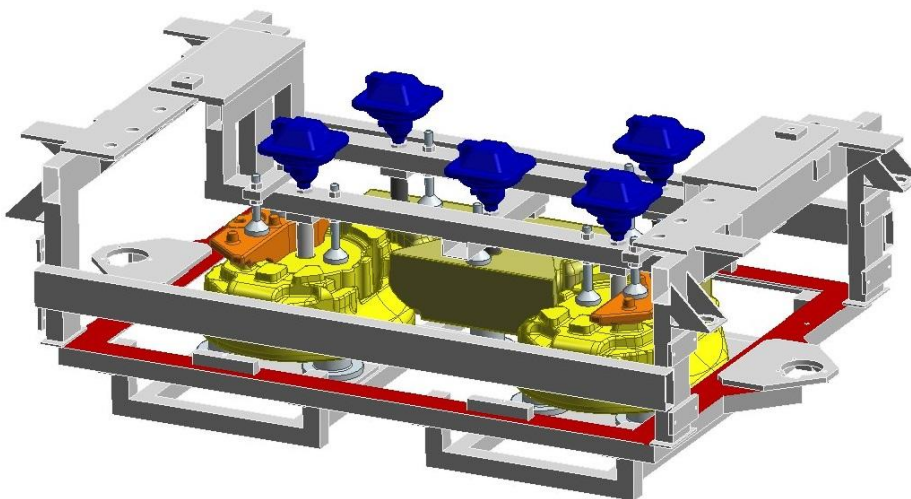
I *Figur 5* visas oket som sitter i ramen. I oket sitter både expanderenheter (de längre stavarna med blå huvud) och stödplattor (de kortare stavarna med fötter). Expanderenheterna lyfter

kärnpaketet med pneumatik, tillfört från de blå tryckluftsdosorna, medan stödplattorna stabiliserar kärnorna när verktyget lyfter dem så att de inte ska börja gunga eller röra på sig.



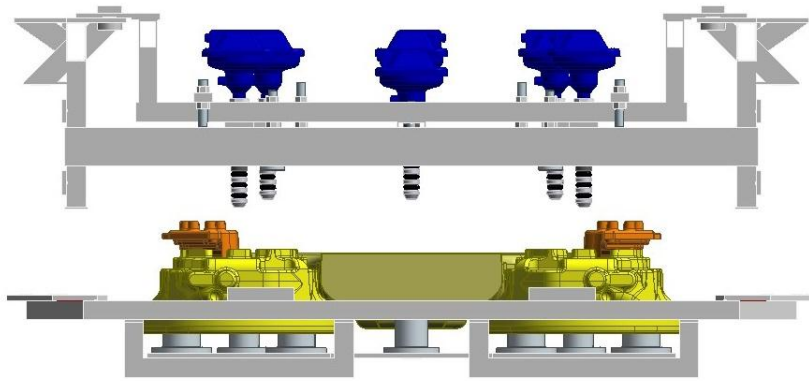
Figur 5 - Ok med expanderenheter och stödplattor.

Det färdiga sättverktyget visas i *Figur 6*. Stationen där sättverktyget som behandlas i detta projekt arbetar kallas Kärnsättare 2. Eftersom det finns flera olika typer av kärnor, med varierande storlek och vikt, så finns det även flera kärnsättningsstationer. Vilken station en kärna laddas från beror av dess storlek och vikt.



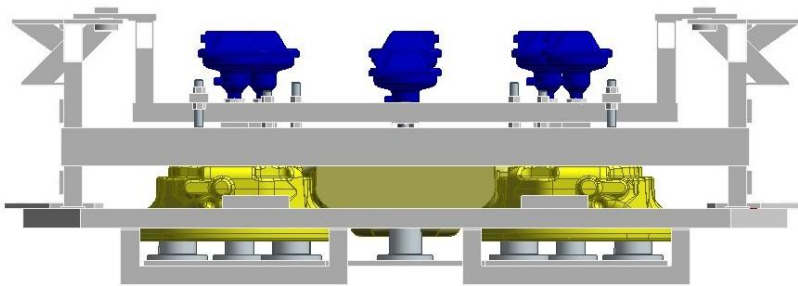
Figur 6 - Sättverktyget.

I *Figur 7* visas sättverktyget när den är på väg att hämta det laddade kärnpaketet. Vid arbete rör sig endast ramen med det tillhörande oket. Fixturen är fastmonterad, genom öglorna på kortsidan (se *Figur 3*), i ett bordliknande ställ. Stället är i sin tur fastmonterat i golvet, som tyvärr inte finns modellerad.



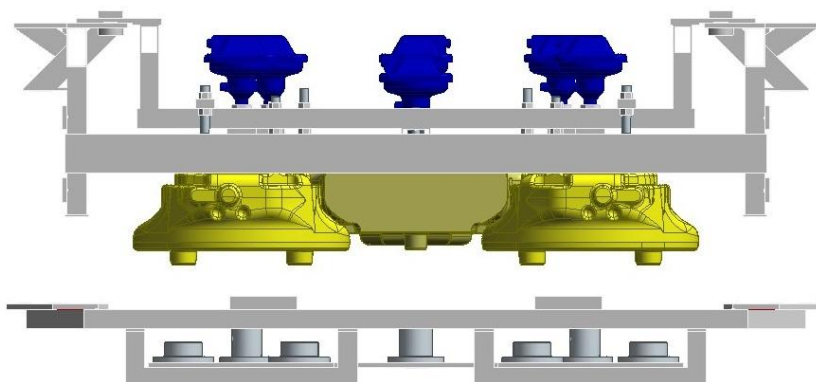
Figur 7 - Sättverket i hämtläge.

När ramen har kommit i rätt position så sänker den ner sig tills den får kontakt med fixturen, se *Figur 8*. Samtidigt som ramen rör sig nedåt, så sänks även expanderenheterna ner i hålen som finns förgjorda i kärnorna (de kan ses i *Figur 4*). När ramen är på plats så dras axeln på expanderenheterna ihop sig så att o-ringarna (de svarta ringarna i änden på expanderenheterna i *Figur 5*) utvidgas och klämmer sig fast i hålväggen.



Figur 8 - Sättverket i viloläge.

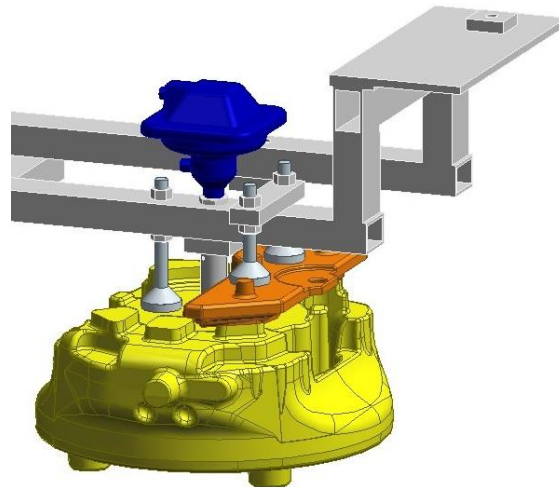
När expanderenheterna är ihopdragna så lyfter sig ramen med hela kärnpaketet (kärna 1 – 3), se *Figur 9*.



Figur 9 - Kärnpaketet hämtas.

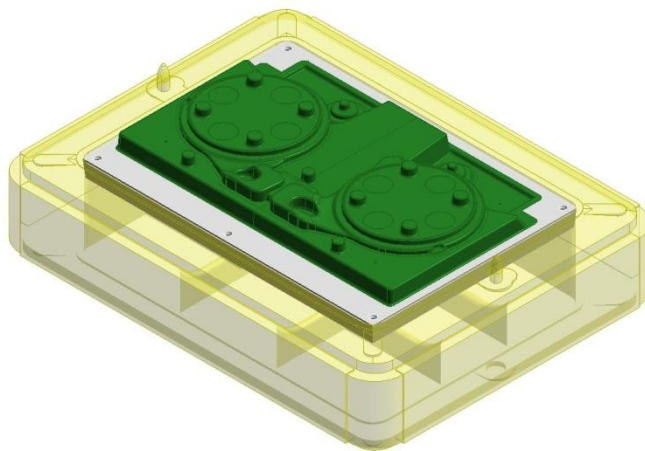
Med hjälp av stödplattor så förhindras kärnorna från att börja gunga och eventuellt krocka i varandra. I *Figur 10* visas en förstordad bild av Kärna 2 med stödplattor. Stödplattorna ligger

lätt an mot kärnan och ser till att de hänger stabilt i expanderenheterna, och att de har rätt höjd position.



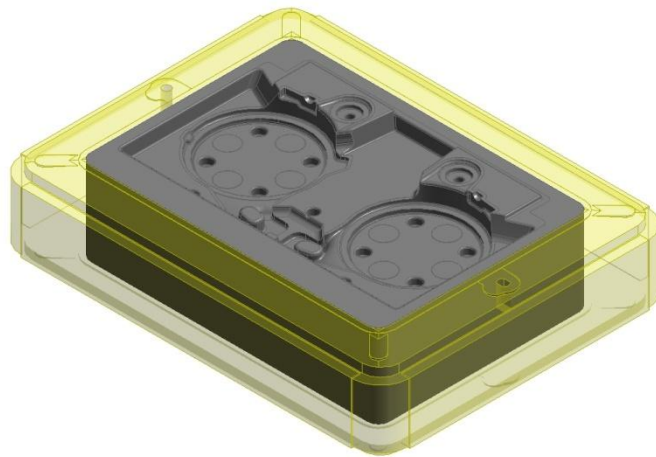
Figur 10 - Stödplattor till Kärna 2, förstorad.

Processen i line börjar med att flaskhalvorna över-/underdel rullar fram till formmaskinen som fyller varje flaskhalva med formsand. Sedan görs ett avtryck i formsanden med hjälp av modeller (se *Figur 11*) som sitter i formmaskinen.



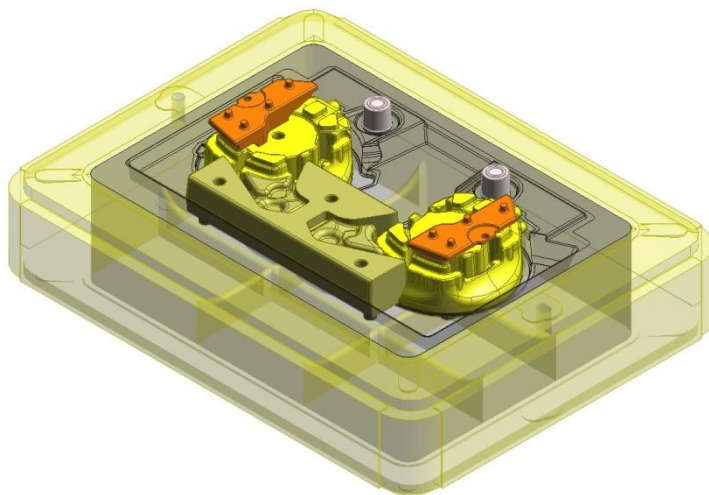
Figur 11 - Modell underdel.

Det avtrycket som bildas (se *Figur 12*) i underdels- resp. överdelsflaskan rullar vidare för sättnig av kärnor i underdelsformen.



Figur 12 - Form underdel.

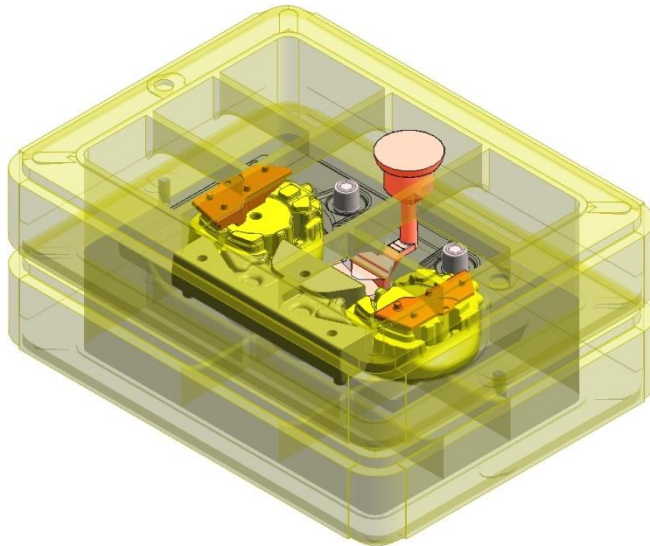
När underdels-/överdelsflaskan kommer fram till sättningsstationen, så kommer ramen med det färdigladdade kärnpaketet och placeras i underflaskans form, se *Figur 13*.



Figur 13 - Kärnor monterade i underdelsformen.

Flaskhalvorna går sedan vidare till nästa station där överflaskan vändes upp och ner (roteras 180 grader).

Flaskhalvorna fortsätter till nästa station där de läggs ihop, så att det bildas en komplett flaska, se *Figur 14*.



Figur 14 - Kompletta flaska med kärnor.

Flaskan går vidare till smältverket, där den fylls med smält järn med hjälp av en gjutmaskin. Järnet fyller formhåligheterna med det smälta material, kärnpaketet som ligger i flaskan utgör hålrummet i det färdiga ämnet.

Följande beskrivning av kärnsättningen erhöles som muntlig presentation på Arvika Gjuteri av Kajsa Bergquist, ref [3], i början av projektet.

2.3. Brainstorming

När problemet är väl förstått ska lösningsförslag genereras. Det görs lämpligen genom research och analys av tidigare lösningar på liknande problem. Även diskussion med handledare, vilka redan har goda erfarenheter inom ämnet, är viktigt. Framför allt är diskussion med medarbetare en viktig faktor i generering av lösningsförslag. Det är de som ska använda produkten och därför är det viktigt att konstruktionen möter deras behov och önskemål.

För att den absolut bästa lösningen på problem ska uppnås måste alla aspekter analyseras. Kreativiteten ska flöda för att många idéer och koncept ska erhållas. Genom brainstorming genereras flera lösningsförslag, inte färdiga konstruktioner, som på något sätt tillfredställer problemet. Även idéer som till synes verkar orimliga kan bidra till en slutgiltig lösning på problemet.

2.4. Konceptval

När flera lösningsförslag har genererats, måste de analyseras och utvärderas. I den här delen av arbetet utformas och väljs den slutgiltiga konstruktionen.

I projektet analyseras lösningsförslagen med beräkningar. Hänsyn tas till att utböjningen inte överskrider det tillåtna värdet för de olika delarna. Idéer och koncept kommer i samråd med handledare verifieras under arbetets gång.

2.5. Modellering

När lösningsförslagen har utvärderats och en lösning på problemet har erhållits ska den modelleras i ett CAD-program. På Arvika Gjuteri används ritprogrammet Solid Edge ST4 för modellering och tillverkning av ritningar.

Alla ingående delar till konstruktionen ska modelleras och sammanställas till en assembly. Utifrån modellen genereras sammanställnings- och detaljritningar som används vid tillverkning av produkten.

3. METOD

Utförandet av projektet har delats upp i 8 delmoment. När alla delmoment har genomförts anses projektet vara färdigt.

Planeringsrapport

En preliminär planeringsrapport kommer att sammanställas utifrån diskussioner med Arvika Gjuteri och examinator. Planeringsrapporten ska läsas och godkännas av alla involverade parter, därefter ska en slutgiltig version av den sammanställas. Planeringsrapport ligger till grund för arbetet.

Bakgrundsteori

All grundläggande teori av gjutningsprocessen och sättverktygets funktion kommer att föras av Arvika Gjuteri.

Materialinsamling

Arvika Gjuteri kommer att förse mig med en komplett CAD-modell av kärnpaketet och CAD-programmet Solid Edge ST4.

Brainstorming/konceptframtagning

Sättverktygets ram- och fixturstorlek är angivet från början eftersom maskinen som verktyget sitter i har en maximal storlek som den kan behandla.

Utifrån sättverktygets grundstorlek och kärnpaketets form kommer ett fungerande koncept att genereras. Hänsyn kommer att tas till att kärnsättningen kan utföras utan att kärnorna tar skada, t.ex. att kärnorna krockar om utrymmet mellan dem är litet eller att de sitter instabilt i oket.

Beräkningar

Det genererade konceptet av sättverktyget ska i det här momentet utvärderas med beräkningar. Konstruktionen kommer att analyseras med teknisk balkteori från grundläggande hållfasthetslära och utföras med handberäkningar.

Stor hänsyn kommer att tas till att utböjningen av fixturen och oket inte får överskrida den tillåtna utböjningen.

Konstruktion/modellering

Med hjälp av beräkningarna kan konceptet verifieras om den uppfyller de olika villkoren. Om konceptet inte satisfierar villkoren måste justeringar utföras innan en CAD-modell kan framställas.

All modellering kommer att utföras i Solid Edge ST4. Utifrån modellen kommer sammanställnings- och detaljritningar genereras för att illustrera det övergripande utseende av sättverktyget och utgöra underlag vid tillverkning.

Rapport och dokumentation

Rapportdokumentation kommer att ske kontinuerligt, men kommer att dominera i slutet av arbetet.

Projektredovisning

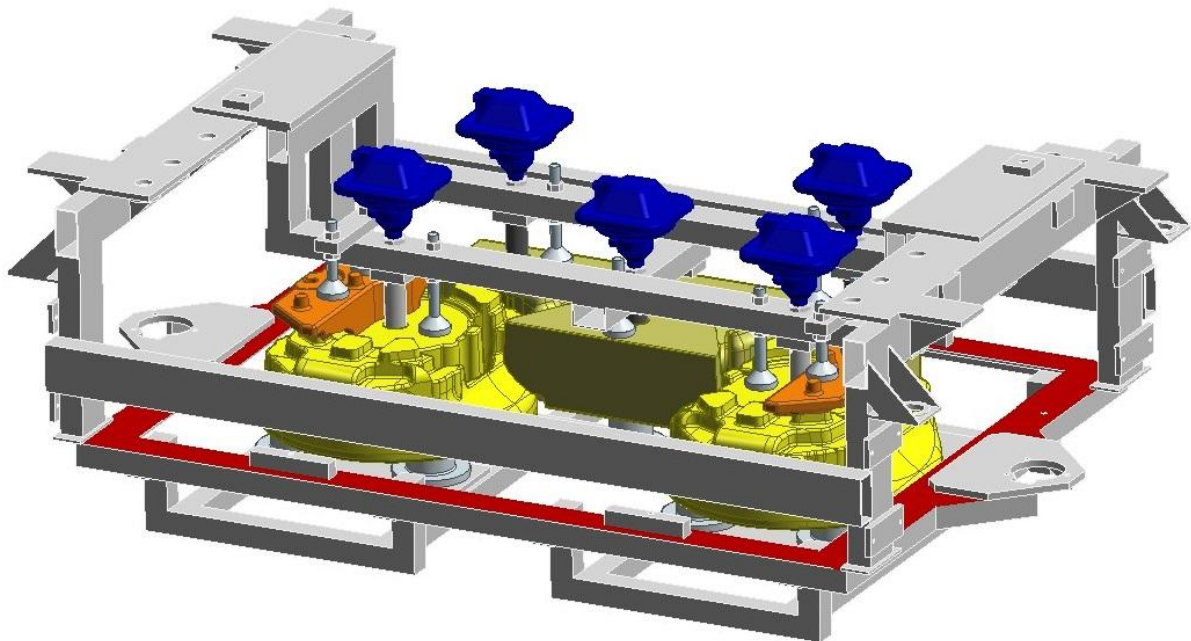
En presentation av det färdiga sättverktyget kommer att hållas för examinator.

4. KONSTRUKTION

I detta kapitel presenteras det färdiga sättverktyget, samt idéer som ledde fram till resultatet av varje detalj. Presentationen följer den ordning de blev skapta under projektets gång.

Hela sättverktyget är uppbyggt utifrån kärnpaketet i *Figur 4*, som i grunden är gjord efter formen på produkten som Arvika Gjuteris kund har efterfrågat.

I *Figur 15* visas det färdiga sättverktyget med alla ingående delar.

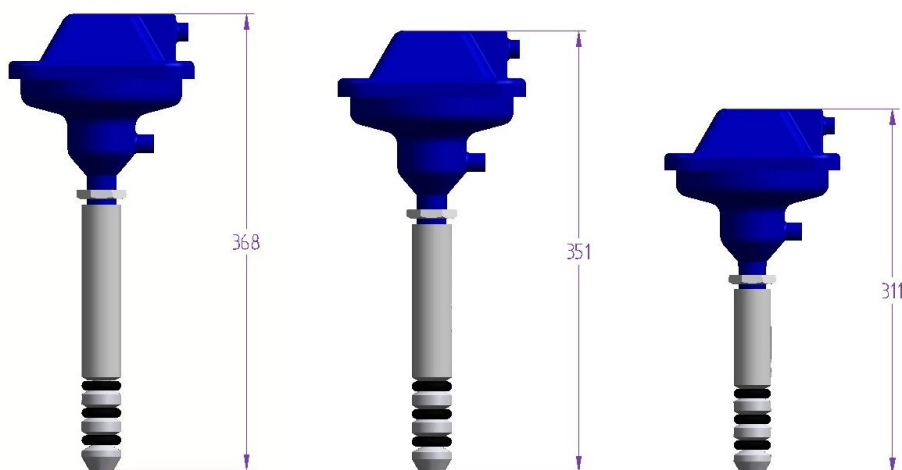


Figur 15 - Sättverktyget.

4.1. Expanderenhet

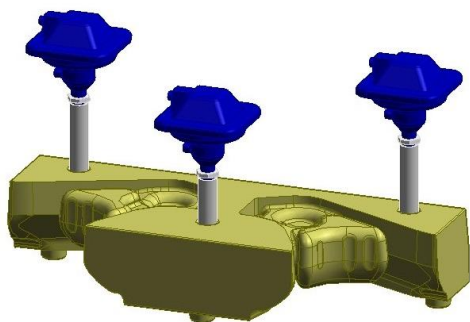
Expanderenheterna fanns redan färdigkonstruerade eftersom modellen har använts till tidigare projekt. Tryckluftsdosan, det blåa huvudet till expanderenheterna i *Figur 4*, tillverkas av Atlas Copco, medan resten av delarna tillverkas av Arvika Gjuteri.

Till varje hål används tre o-ringar för att lyfta kärnan och utifrån detta bestämdes längden på axlarna till expanderenheterna. I *Figur 16* visas de tre typer av expanderenheter som användes till sättverktyget. Den enda skillnaden på expanderenheterna är längden av axlarna, i övrigt är de likadana. Till Kärna 1 användes två längder, den mittersta i *Figur 16* går ner i de två yttersta hålen på kärnan medan den kortaste går ner i det mittersta hålet. Den längsta expanderenheten hör till Kärna 2. Anledningen till att den högra expanderenheten är så kort beror av att oket är lägre vid det hålet, se *Figur 5*.

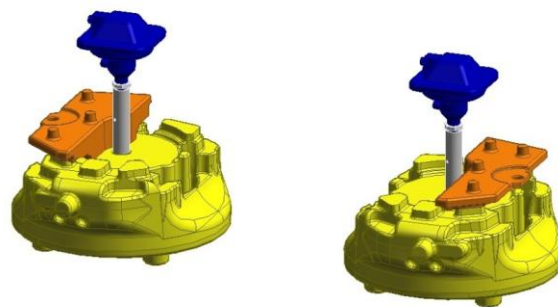


Figur 16 - Expanderenheterna till sättverktyget (mått i mm).

I *Figur 17* och *Figur 18* visas expanderenheternas placering i kärnorna.

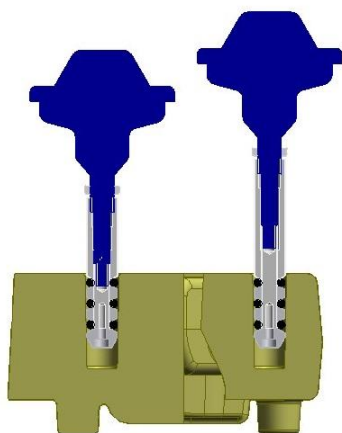


Figur 17 - Kärna 1 med expanderenheter.

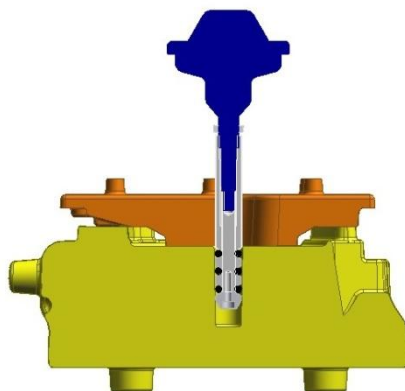


Figur 18 - Kärna 2 med expanderenheter.

En genomskärning av kärnorna med expanderenheterna visas i *Figur 19* och *Figur 20*. I figurerna kan även de tre o-ringarna (de svarta ringarna) ses från vilka expanderenheternas längd kunde dimensioneras. O-ringarna placerades några millimeter djupare i hålen för att säkerställa att alla o-ringarna användes då expanderenheterna lyfte kärnorna och att tillräckligt med friktionskraft bildades vid kärnsättning som krävs för att kärnorna ska lyftas ordentligt.



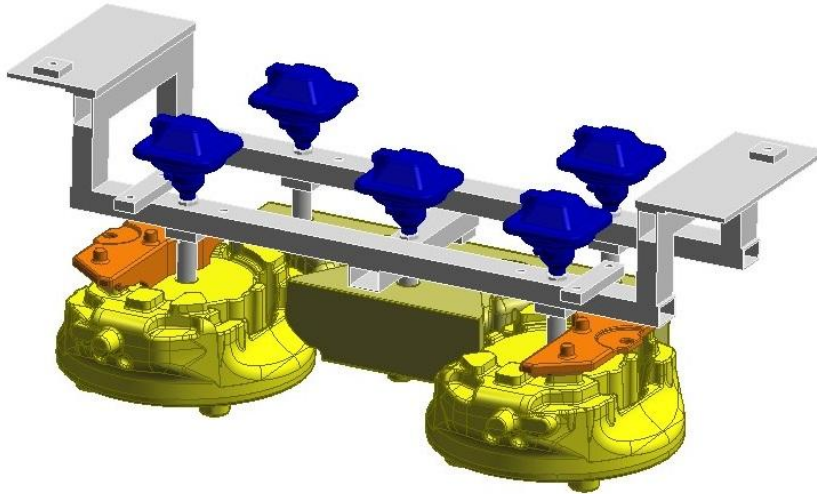
Figur 19 - Kärna 1 i genomskärning.



Figur 20 - Kärna 2 i genomskärning.

4.2. Ok

Oket konstruerades genom att expanderenheter placerades i de förgjorda hålen i kärnpaketet i *Figur 4*. Utifrån expanderenheterens höjd och placering kunde oket ritas och hålen till dem placeras på rätt ställe. Det slutgiltiga konceptet av oket visas i *Figur 21*.



Figur 21 - Kärnpaket med ok och expanderenheter.

I *Figur 21* kan även låsningsanordningen, så kallad Huga styrning, ses på flänsen på oket. Placeringen bestämdes utifrån hålen i flänsen på ramen. Anledningen till att de placerades diagonalt mot varandra var för att skapa en säker låsning så att oket inte ska kunna röra sig i någon riktning om den skulle utsättas för krafter.

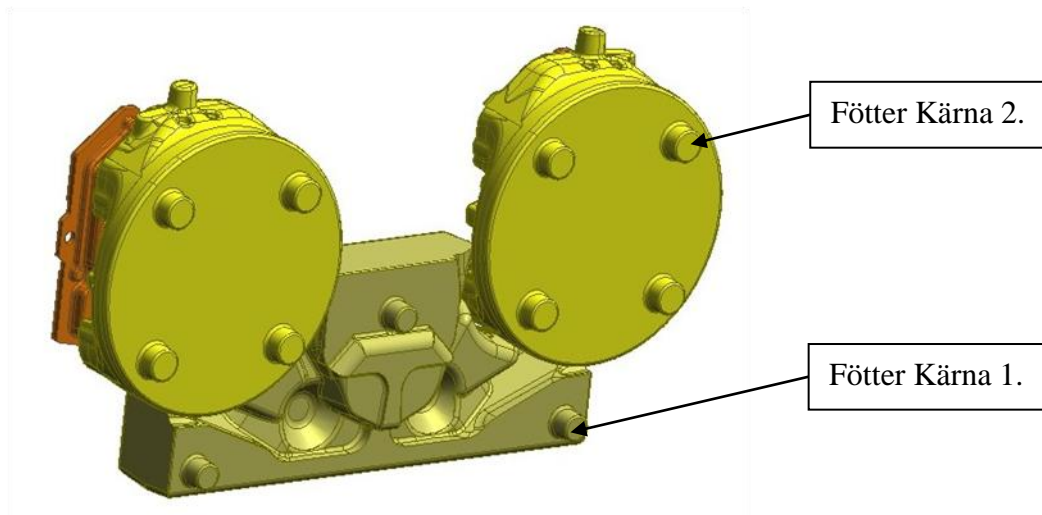
Eftersom expanderenheterna endast kunde placeras på ett ställe i kärnorna, så fanns det inget större utrymme att generera fler lösningar. Hålens placering i kärnorna bestämdes av Arvika Gjuteri, i samråd med kunden, för att erhålla största möjliga säkerhet mot spänningar vid kärnsättning.

Om det hade funnits flera hål, eller att de var placerade på ett annat ställe på kärnorna, så kunde andra lösningsförslag av oket genereras.

Okets utformning är ur materialsynpunkt det mest optimala. Den består inte av många delar och komplicerade former, vilket medför att svårigheter vid tillverkningen minskar och eventuella reparationer blir enklare.

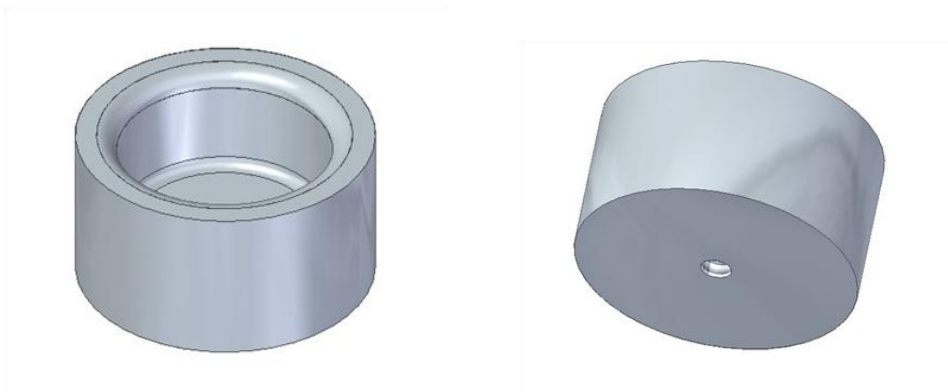
4.3. Styrbussning

På undersidan av kärnorna finns det små ”fötter” som skyddar botten på dem när de står, se *Figur 22*. Dessa ”fötter” fungerar även som styrning när kärnorna ska sättas i fixturen. Kärna 1 har tre ”fötter” och Kärna 2 har fyra stycken på varje kärna.



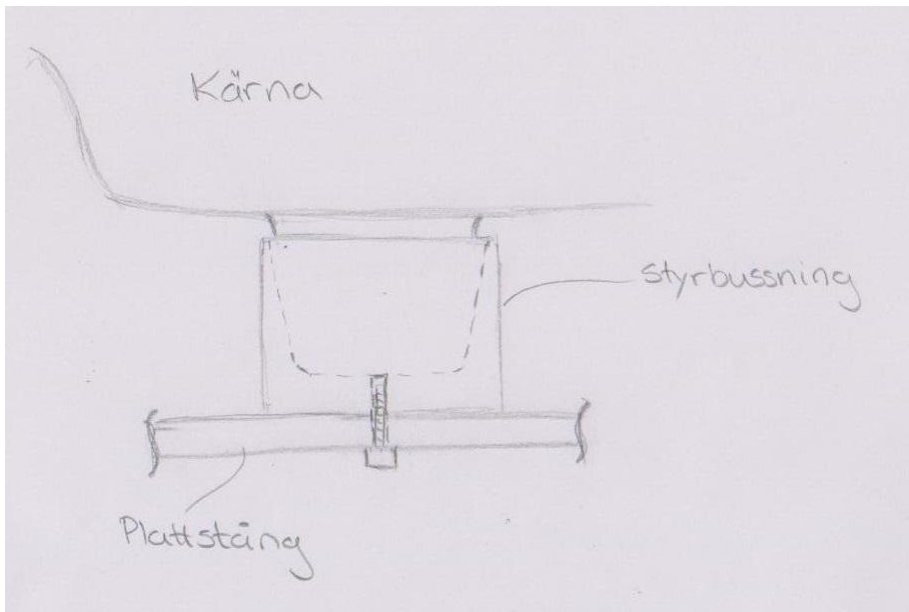
Figur 22 - Kärnpaket sedd nerifrån.

Ett tidigt koncept av styrbussningarna visas i *Figur 23*. Den var utformad så att kärnorna skulle stå i dem.



Figur 23 - Koncept 1, styrbussning till Kärna 2.

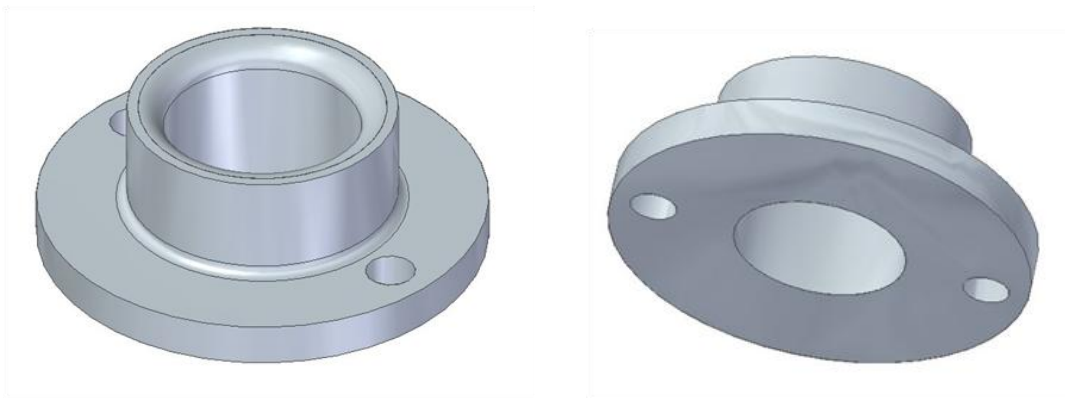
Styrningen skulle skruvas i plattstängerna underifrån i det genomgående gängade hålet, se *Figur 24*. Styrbussningen till Kärna 1 såg likadan ut bortsett från att den var högre.



Figur 24 - Koncept 1, styrbussning i genomskärning till Kärna 2.

Fördelen med styrbussningarna var att de var enkla att tillverka och behövde inte mycket material vid framställning. Däremot var de komplicerade att skruva fast i fixturen från undersidan. Dessutom kunde bortslagen sand från "fötterna" samlas i botten av styrbussningen vilket skulle vara svårt att städa ur och göra fortsatt skada om det låg kvar.

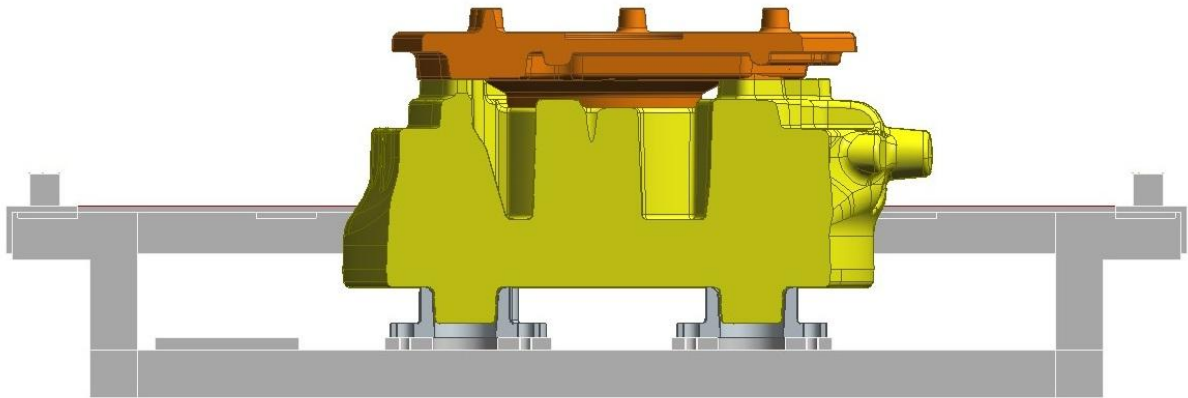
I koncept 2 åtgärdades dessa "brister" genom att sätta det gängade hålet i plattstången. Två genomgående hål, med större diameter än gänghålets, sattes på styrbussningen för att ge möjlighet till justering, se *Figur 25*. Dessa styrbussningar skulle skruvas i från ovasidan och fästas i fixturen.



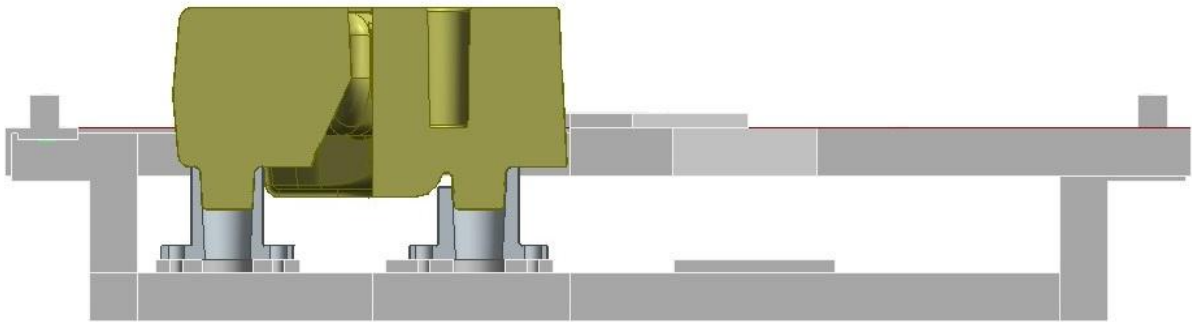
Figur 25 - Koncept 2, styrbussning till Kärna 2.

Höjden på styrbussningarna ändrades så att undersidan av kärnorna tog i kanten av styrningen och inte undersidan av "fötterna", vilket tillät att ett genomgående hål kunde skapas. Hålet går även genom fixturen och ger bortslagen sand möjligheten att falla ner på golvet och därigenom underlätta städning. I *Figur 26* och *Figur 27* visas styrbussningarna till Kärna 2

och Kärna 1 i genomskärning. I figurerna syns även att gänghållets diameter i fixturen är mindre än hålen i styrbussningarna för att ge möjlighet till justering vid behov.

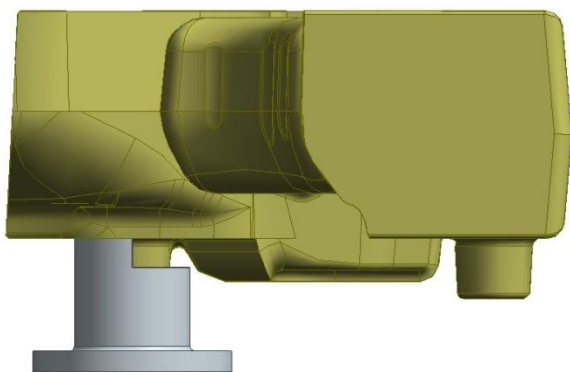


Figur 26 - Genomskärning av styrbussningar till Kärna 2.

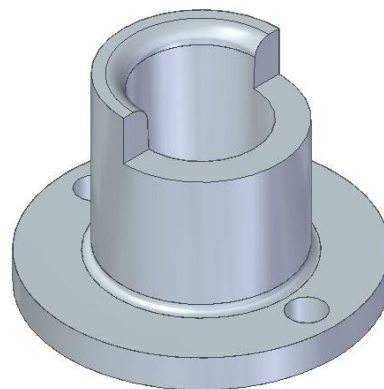


Figur 27 - Genomskärning av styrbussningar till Kärna 1.

Den högra styrningen i *Figur 27* är en speciell typ av styrbussning som skapades speciellt för Kärna 1 i projektet. Kärna 1 smalnar av för mycket vilket medförde att det blev omöjligt att stötta kärnbotten. I *Figur 28* visas hur styrningen verkar på Kärna 1, samt en mer detaljerad bild av den i *Figur 29*.



Figur 28 - Styrning av Kärna 1.

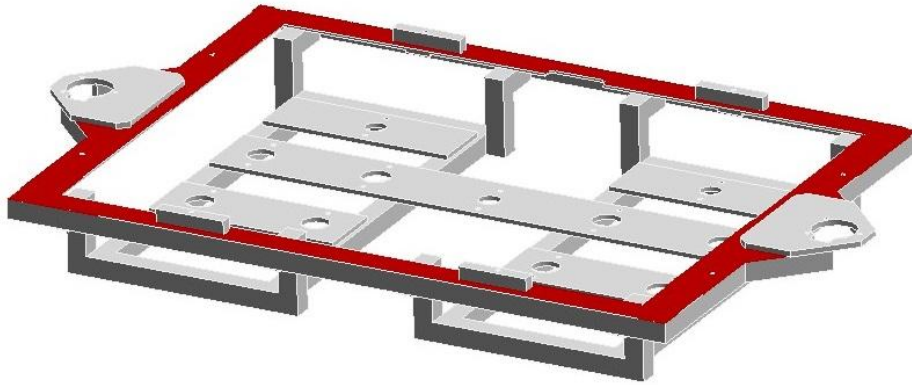


Figur 29 - Styrbussning till Kärna 1 i detalj.

4.4. Fixtur

Fixturen till sättverktyget ritades på liknande sätt som oket.

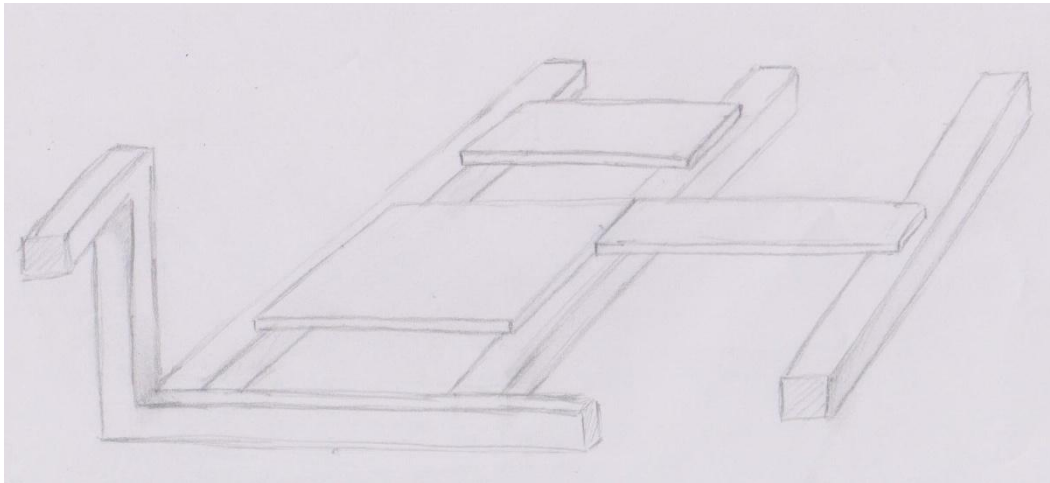
Utifrån ”fötternas” placering ritades fixturen. I *Figur 309* visas den färdiga fixturen till sättverktyget, utan styrbussningar.



Figur 30 - Fixtur.

Grundramen till fixturen (den röda balken i *Figur 30*) har inte ändrats från tidigare konstruktioner. Dimensionerna på grundramen är framtagna för att passa ställbordet vid kärnsättningsstationen, Kärnsättare 2, som fixturen sitter fastmonterad i. Däremot har balkarna i botten, samt dimension och placering av plattstängerna, ritats utifrån kärnpaketet.

En tidig idé till utseendet av plattstängen under Kärna 2 visas i *Figur 31*.

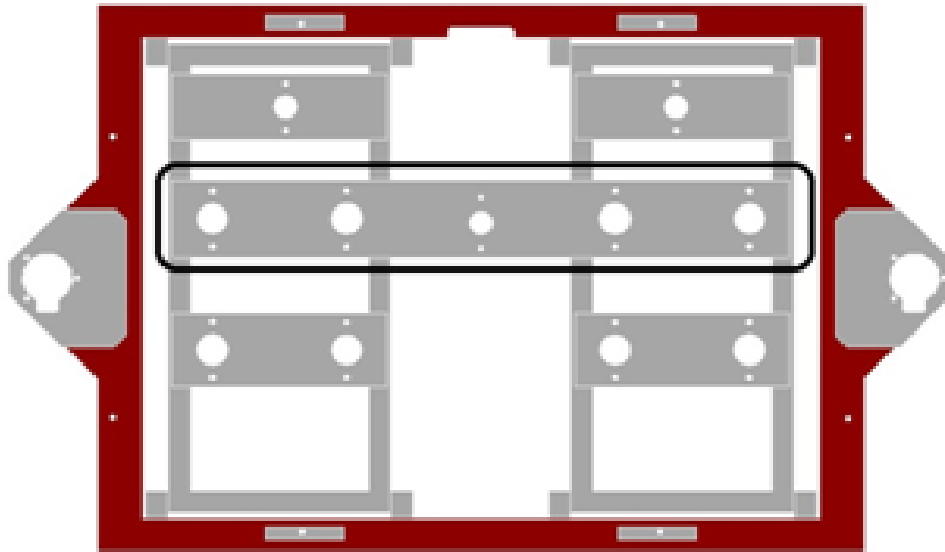


Figur 31 - Skiss av plattstång till Kärna 2.

Anledningen till att plattstängen under Kärna 2 utformades enligt *Figur 31* var för att täcka upp hela ytan under kärnan. Tanken var att en större yta klarar tyngre belastningar.

Men i samråd med handledare på företaget ändrades konceptet för att spara material. Kärna 2 belastar endast plattstängen där ”fötterna” är placerade så är ytan under själva kärnan onödig. Plattstängen delades därför i två mindre delar. Dessutom ersattes plattstängen i mitten, under Kärna 1, och de intilliggande under Kärna 2 med en enda plattstång, se markeringen i *Figur 32*. Detta medförde att bearbetningstiden minskade, eftersom endast en plattstång behövde

tillverkas, istället för tre. Även arbetet som behövdes för att montera plattstängerna på plats kunde minskas.



Figur 32 – Fixtur.

Utifrån styrbussningarnas placering ritades hålen i plattstängerna.

4.5. Stödplatta

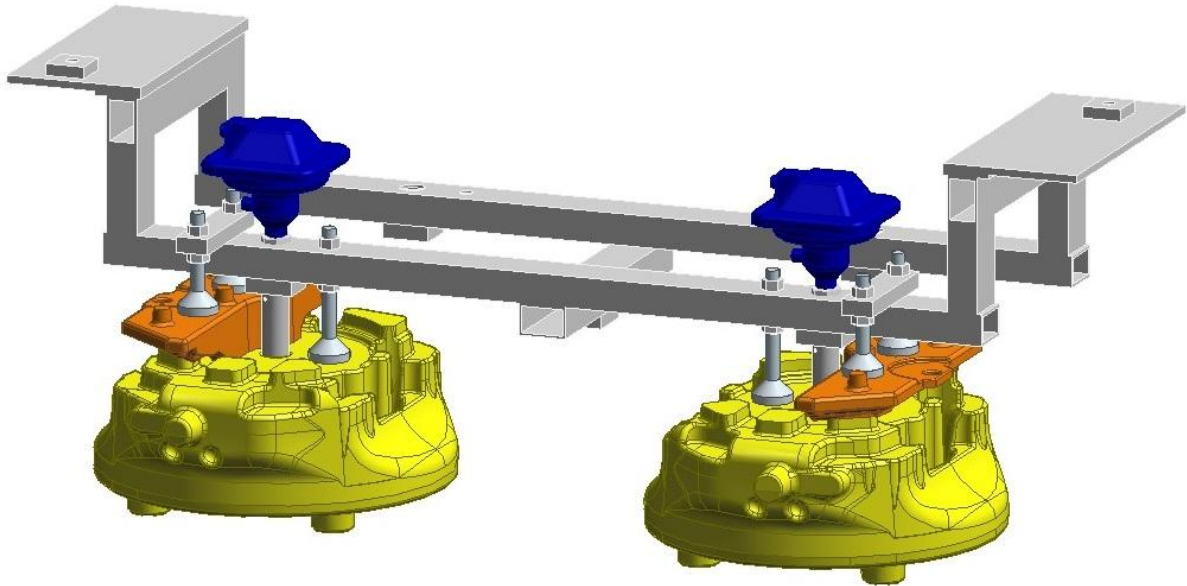
När sättverktyget hämtar kärnorna så kan de börja gunga, vilket i värsta fall kan leda till att de krockar och skadas. För att förhindra detta skapades stödplattor, se *Figur 33*, som hjälper till att stabilisera kärnorna i höjled.



Figur 33 - Stödplatta.

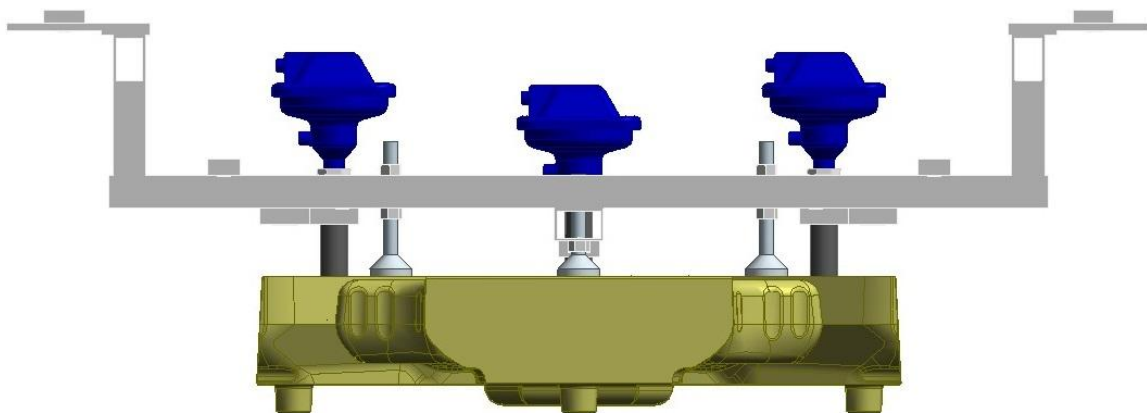
Till Kärna 2 och Kärna 3 monteras tre stödplattor på varje sida, se *Figur 34*. I oket finns en balk fastsvetsad där två av stödplattorna kan monteras över Kärna 3. Den tredje stödplattan monteras i ett hål i oket över Kärna 2. På varje stödplatta sitter två muttrar med vilka höjden

på stödplattorna kan ändras utifrån höjden på kärnorna. Muttrarna spänns sedan fast, en på ovansidan av balken/oket och den andra på undersidan.



Figur 34 - Stödplattornas placering, med expanderenheter, vid Kärna 2.

I *Figur 35* visas stödplattornas placering vid Kärna 1. Stödplattorna monteras fast i ett hål i oket och spänns fast på samma sätt som vid Kärna 2 och Kärna 3.



Figur 35 - Stödplattornas placering, med expanderenheter, vid Kärna 1.

Det är viktigt att stödplattorna aldrig klämmer kärnorna, vilket skulle kunna medföra att märken uppstår och kärnan måste kasseras. Stödplattorna ska endast ligga an mot ytan, eventuellt någon millimeter ovanför, för att förhindra att kärnorna börjar gunga och i värsta fall krocka i varandra.

5. BERÄKNINGAR

Gjutning är en process som kräver stor noggrannhet, framför allt vid kärnsättning. När verktyget hämtar det laddade kärnpaketet, se *Figur 8*, så uppstår stora krafter på oket. Även fixturen utsätts för en stor belastning då det laddade kärnpaketet väntar på att hämtas. Om krafterna blir för stora så kan de orsaka en utböjning av oket eller fixturen, vilket skulle medföra att kärnpaketet placeras felaktigt i gjutformen. Det innebär i värsta fall att det färdiggjutna ämnet måste kasseras och ett nytt ämne måste tas fram. Därför är det viktigt att undersöka om konstruktionen klarar av lasten den ska utsättas för.

Utböjningarna som uppstår på sättverktyget har beräknats med hjälp av elementarfall ur teknisk balkteori från grundläggande hållfasthetslära. Elementarfall och formler för yttröghetsmoment hämtades ur *Formelsamling i hållfasthetslära* av Tore Dahlberg, ref [1].

Beräkningar gjordes för hand med grova överslagsräkningar på sandkärnornas vikt för att uppnå en större säkerhet. Om det skulle framgå att utböjningen blir för stora på någon del av verktyget så måste konstruktionen ändras.

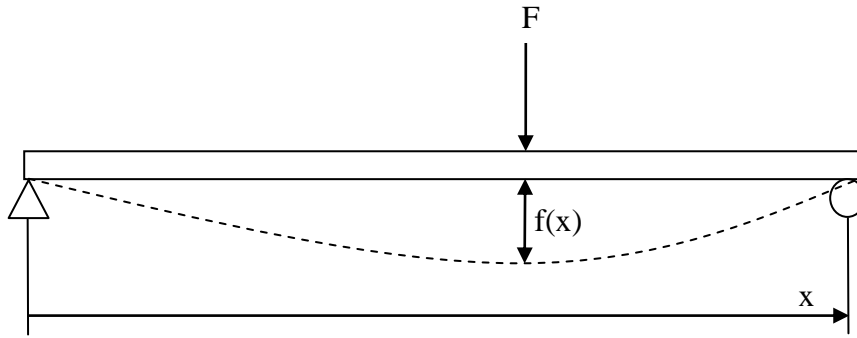
I beräkningarna har tyngdaccelerationen, $g = 10 \left[\frac{m}{s^2}\right]$ och elasticitetsmodulen, $E = 210 [GPa]$ antagits.

För att förtydliga vilka kärnor som användes i de olika beräkningarna så har dessa sammanställts i *Tabell 1* nedan. I tabellen framgår även vikten av kärnorna.

Kärna	Massa [kg]
Kärna 1	31,5
Kärna 2	30
Kärna 3	2,5

Tabell 1 - Kärndata.

Endast ett elementarfall användes i beräkningarna, en fritt upplagd balk med en punktlast, F , på godtyckligt avstånd, x , från infästningspunkten till vänster (*Figur 36*), elementarfall nr(6), sid.A13, ref [1]. Sträckan x markerar avståndet mellan infästningspunkten till vänster och utböjningen $f(x)$. $F(x)$ är den maximala utböjningen vid sträckan x .



Figur 36 - Elementarfall, fritt upplagd balk med punktlast.

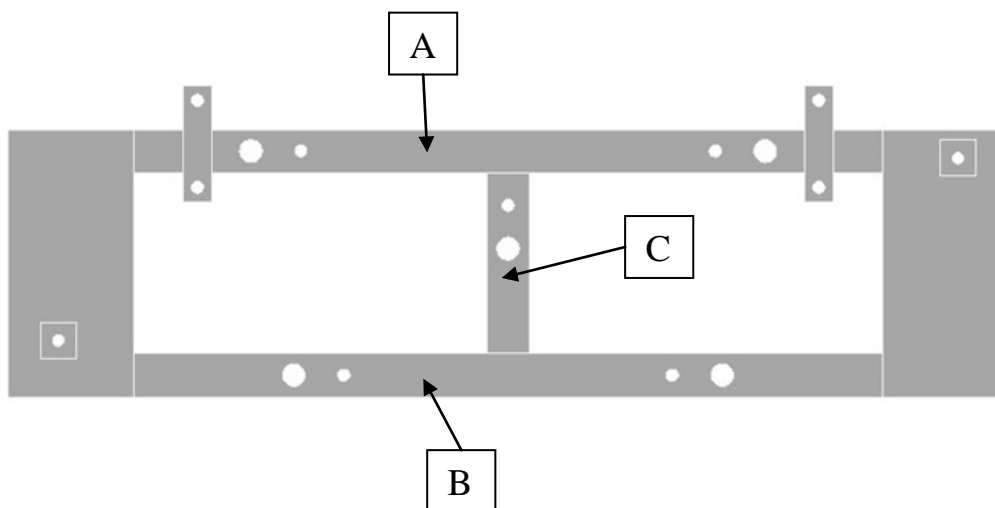
I beräkningarna förekommer att en balk belastas av flera punktlaster. I det fallet superponeras elementarfallen genom att utböjningen från varje punktlast adderas.

5.1. Beräkningar på oket

Oket har delats upp i mindre delar för att underlätta beräkningarna och för att tydligare visa utböjningen som varje kärna har på de ingående balkarna.

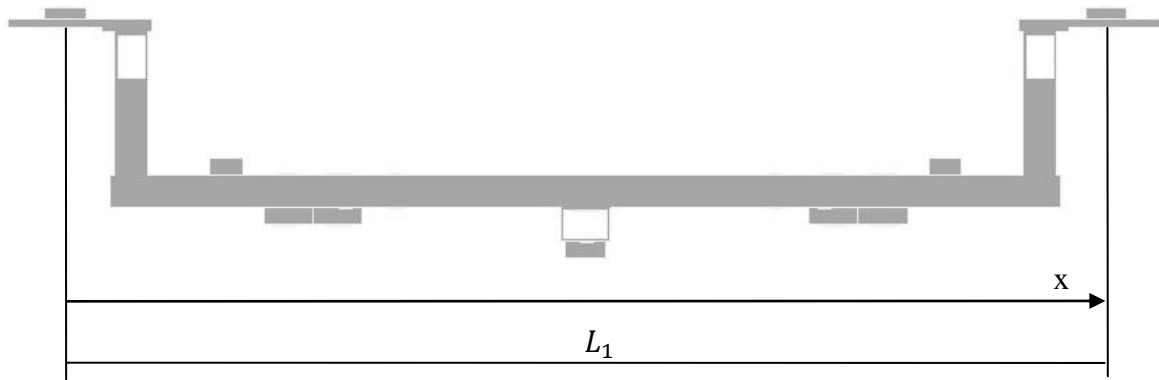
Varje delberäkning har markerats med en bokstav som i *Figur 37* nedan markerar på vilken balk den beräknade utböjningen uppkommer. I beräkningarna har det även angivits vilken, eller vilka, kärnor som belastar balken.

Expanderenheter och stödplattors vikt har försumrats eftersom de inte ger något större bidrag till utböjningen. Även inverkan från hålen till expanderenheter och stödplattorna i balkarna har försumrats.



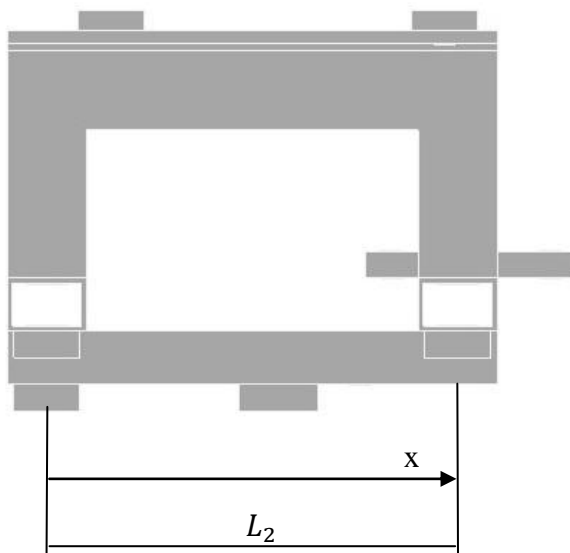
Figur 37 - Ok sedd ovanifrån.

För att ytterligare förenkla beräkningarna har nedsänkningen av balkarna försumrats (se *Figur 38*). I beräkningarna har oket approximerats med en fritt upplagd balk.



Figur 38 - Ok med beteckningar till beräkningarna.

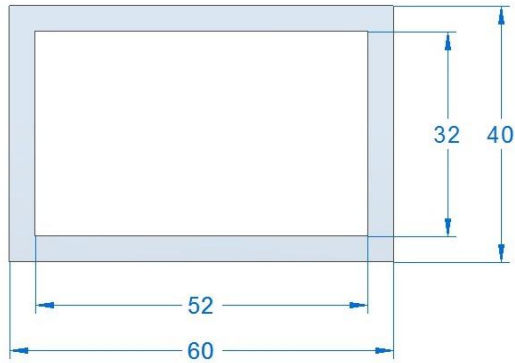
Figur 38 och Figur 39 beskriver var parametrarna i beräkningarna skulle finnas i verkligheten. Figur 38 visar långsidan av oket medan Figur 39 visar kortsidan.



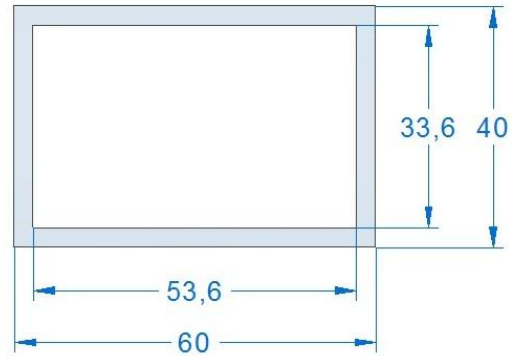
Figur 39 - Ok med beteckningar till beräkningarna.

Sträckan x är en variabel som beskriver avståndet mellan infästningspunkten till vänster och placeringen av massan som analyseras. Sträckan x varierar i alla beräkningar.

Oket är VKR 60x40x4 - SS1412 (se Figur 40), utom den kortare balken i mitten som är VKR 60x40x3,2 - SS1412 (se Figur 41).



Figur 40 - VKR 60x40x4 (mått i mm).



Figur 41 - VKR 60x40x3,2 (mått i mm).

Yttröghetsmomentet beräknades genom subtraktion av två fall med rektangulärt tvärsnitt, sid.A8, ref [1]. Först beräknades yttröghetsmomentet för den lilla fyrkanten (52x32 eller 53,6x33,6) vilket subtraherades från yttröghetsmomentet för den stora fyrkanten (60x40).

Nedan visas de yttröghetsmoment som användes för VKR-rören. Dessa värden förekommer i flera beräkningar på oket och har därför beräknats i förväg för att undvika upprepning. I beräkningarna markerar index väggjockleken hos respektive balk.

$$I_{t=4} = \frac{B_{stor} \cdot H_{stor}^3}{12} - \frac{B_{liten} \cdot H_{liten}^3}{12} = 178 \cdot 10^{-9} [m^4] \quad (5.1)$$

$$I_{t=3,2} = \frac{B_{stor} \cdot H_{stor}^3}{12} - \frac{B_{liten} \cdot H_{liten}^3}{12} = 150,6 \cdot 10^{-9} [m^4] \quad (5.2)$$

A - Belastning från Kärna 2 + Kärna 3

Fritt upplagd balk, elementarfall nr(6), sid.A13, ref [1].

Fall 1

$$m = m_2 + m_3 = 32,5 [kg]$$

$$x = 0,2825 [m]$$

$$\alpha = 0,78$$

$$\beta = 0,22$$

$$L_1 = 1,285 [m]$$

$$I_{t=4} = 178 \cdot 10^{-9} [m^4]$$

$$f_{A,1} = \frac{FL^3}{6EI} \beta \left((1 - \beta^2) \frac{x}{L} - \frac{x^3}{L^3} \right) = 134,2 \cdot 10^{-6} [m] \quad (5.3)$$

Fall 2

$$m = m_2 + m_3 = 32,5 [kg]$$

$$x = 1,0025 [m]$$

$$\alpha = 0,22$$

$$\beta = 0,78$$

$$L_1 = 1,285 [m]$$

$$I_{t=4} = 178 * 10^{-9} [m^4]$$

$$f_{A,2} = \frac{FL^3}{3EI} \alpha^2 \beta^2 = 180,9 * 10^{-6} [m] \quad (5.4)$$

$$f_{A,tot} = f_{A,1} + f_{A,2} = 315,1 * 10^{-6} [m] \quad (5.5)$$

B - Belastning från Kärna 1

Fritt upplagd balk, elementarfall nr(6), sid.A13, ref [1].

Fall 1

$$m_1 = 31,5 [kg]$$

$$x = 0,3425 [m]$$

$$\beta = 0,266$$

$$L_1 = 1,285 [m]$$

$$I_{t=4} = 178 * 10^{-9} [m^4]$$

$$f_{B,1} = \frac{FL^3}{6EI} \beta \left((1 - \beta^2) \frac{x}{L} - \frac{x^3}{L^3} \right) = 181,6 * 10^{-6} [m] \quad (5.6)$$

Fall 2

$$m_1 = 31,5 [kg]$$

$$x = 0,9425 [m]$$

$$\alpha = 0,266$$

$$\beta = 0,734$$

$$L_1 = 1,285 [m]$$

$$I_{t=4} = 178 * 10^{-9} [m^4]$$

$$f_{B,2} = \frac{FL^3}{3EI} \alpha^2 \beta^2 = 227,8 * 10^{-6} [m] \quad (5.7)$$

$$f_{B,tot} = f_{B,1} + f_{B,2} = 409,4 * 10^{-6} [m] \quad (5.8)$$

C – Belastning från Kärna 1

Fritt upplagd balk, elementarfall nr(6), sid.A13, ref [1].

$$m_1 = 31,5 [kg]$$

$$x = 0,175 [m]$$

$$\alpha = 0,435$$

$$\beta = 0,565$$

$$L_2 = 0,310 [m]$$

$$I_{t=3,2} = 150,6 * 10^{-9} [m^4]$$

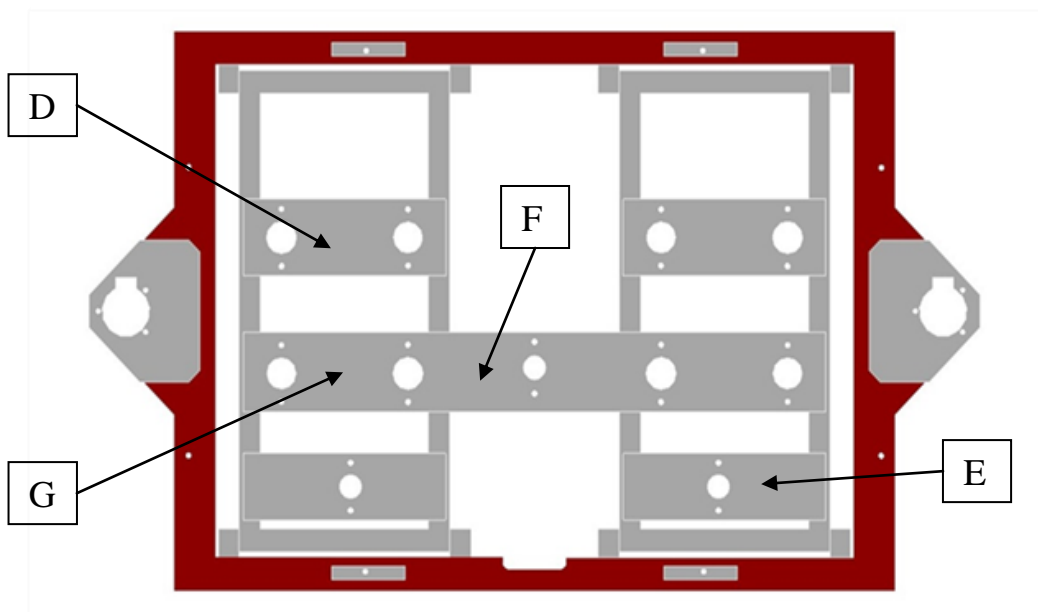
$$f_c = \frac{FL^3}{3EI} \alpha^2 \beta^2 = 6,0 * 10^{-6} [m] \quad (5.9)$$

5.2 Beräkningar på fixturen

Beräkningarna på fixturen kommer endast behandla plattstängerna som kärnpaketet står på, d.v.s. ej fixturramen och balkarna i botten på verktyget. Plattstången, SS1412, har tjockleken 10 mm med varierande längd och bredd.

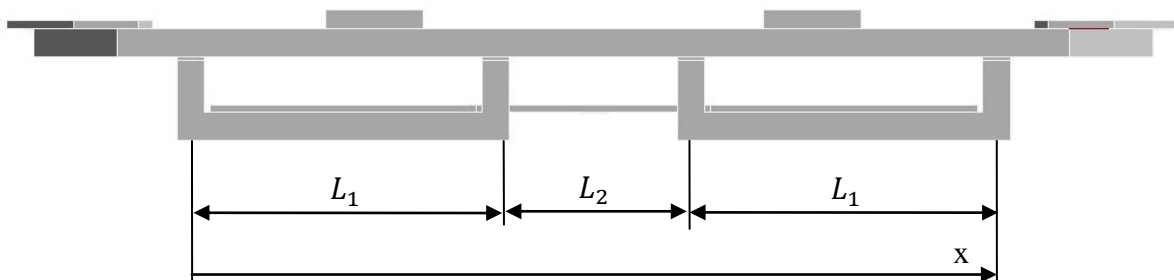
Precis som för oket har varje delberäkning markerats med en bokstav som i *Figur 42* nedan markerar på vilken plattstång den beräknade utböjningen uppkommer. I beräkningarna har det även angivits vilken, eller vilka, kärnor som belastar plattstången.

Styrbussningarnas vikt har försumrats eftersom de inte ger något större bidrag till utböjningen.



Figur 42 - Fixtur sedd ovanifrån.

För att ytterligare förenkla beräkningarna har nedsänkningen av balkarna försumrats (se *Figur 43*). I beräkningarna har fixturen approximerats med en fritt upplagd balk.

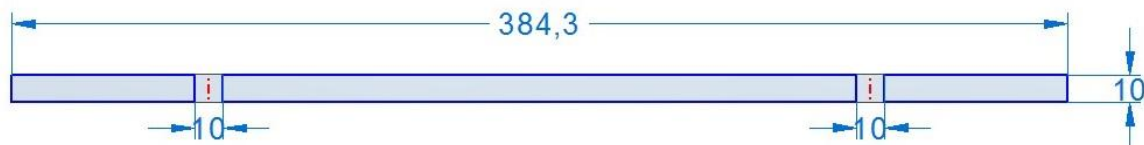


Figur 43 - Fixtur med beteckningar till beräkningarna.

Figur 43 beskriver var parametrarna i beräkningarna skulle finnas i verkligheten. Sträckan x beskriver avståndet mellan infästningspunkten till vänster och massans placering. Den varierar i alla beräkningar beroende på vilken massa som analyseras.

Plattstång har inget färdigt yttröghetsmoment, I , som kan hämtas ur tabell. Därför har ett I beräknats för alla delar. Först beräknades yttröghetsmomentet för hela plattstången och sedan subtraherades yttröghetsmomentet för massivt cirkulära tvärsnitt bort som motsvarar vad varje hål bidrar med.

Alla beräkningar är gjorda med plattstången i profil och därför måste beräkningarna för yttröghetsmomentet för de massivt cirkulära tvärsnitten ersättas med rektangulära tvärsnitt, sid.A8, ref [1]. I beräkningarna för hålet är b cirkels diameter och h är tjockleken. För plattstången gäller det att b är längden och h är tjockleken. I Figur 44 visas en av plattstångerna i den vy som beräkningarna kommer att tillämpas på. I figuren visas hål med diameter 10 mm som exempel. Beräkningarna för övriga hål utförs analogt.



Figur 44 - Illustration av beräkningssätt för hål med diameter 10 mm.

Nedan visas de yttröghetsmoment som användes för hålen. Dessa värden förekommer i flera beräkningar på fixturen och har därför beräknats i förväg för att undvika upprepning.

$$I_{h\ddot{a}l,\varnothing 10} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,010 \cdot 0,010^3}{12} = 0,83 \cdot 10^{-9} [m^4] \quad (5.10)$$

$$I_{h\ddot{a}l,\varnothing 42} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,042 \cdot 0,010^3}{12} = 3,5 \cdot 10^{-9} [m^4] \quad (5.11)$$

$$I_{h\ddot{a}l,\varnothing 43} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,043 \cdot 0,010^3}{12} = 3,58 \cdot 10^{-9} [m^4] \quad (5.12)$$

$$I_{h\ddot{a}l,\varnothing 55} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,055 \cdot 0,010^3}{12} = 4,58 \cdot 10^{-9} [m^4] \quad (5.13)$$

$$I_{h\ddot{a}l,\varnothing 57} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,057 \cdot 0,010^3}{12} = 4,75 \cdot 10^{-9} [m^4] \quad (5.14)$$

D – Belastning från Kärna 2 + Kärna 3

Fritt upplagd balk, elementarfall nr(6), sid.A13, ref [1].

$$I_{pl\ddot{a}t} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,3843 \cdot 0,010^3}{12} = 32,03 \cdot 10^{-9} [m^4] \quad (5.15)$$

$$I = I_{pl\ddot{a}t} - I_{h\ddot{a}l,\varnothing 57} - I_{h\ddot{a}l,\varnothing 55} - 4 \cdot I_{h\ddot{a}l,\varnothing 10} = 19,37 \cdot 10^{-9} [m^4] \quad (5.16)$$

Fall 1

$$m = m_2 + m_3 = 32,5 \text{ [kg]}$$

$$x = 0,05625 \text{ [m]}$$

$$\beta = 0,16$$

$$L_1 = 0,3518 \text{ [m]}$$

$$f_{D,1} = \frac{FL^3}{6EI} \beta \left((1 - \beta^2) \frac{x}{L} - \frac{x^3}{L^3} \right) = 14,1 * 10^{-6} \text{ [m]} \quad (5.17)$$

Fall 2

$$m = m_2 + m_3 = 32,5 \text{ [kg]}$$

$$x = 0,29625 \text{ [m]}$$

$$\alpha = 0,16$$

$$\beta = 0,84$$

$$L_1 = 0,3518 \text{ [m]}$$

$$f_{D,2} = \frac{FL^3}{3EI} \alpha^2 \beta^2 = 20,5 * 10^{-6} \text{ [m]} \quad (5.18)$$

$$f_{D,tot} = f_{D,1} + f_{D,2} = 34,6 * 10^{-6} \text{ [m]} \quad (5.19)$$

E – Belastning från Kärna 1

Fritt upplagd balk, elementarfall nr(6), sid.A13, ref [1].

$$I_{plåt} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,3843*0,010^3}{12} = 32,03 * 10^{-9} \text{ [m}^4\text{]} \quad (5.20)$$

$$I = I_{plåt} - I_{hål,042} - 2 * I_{hål,010} = 26,87 * 10^{-9} \text{ [m}^4\text{]} \quad (5.21)$$

$$m_1 = 31,5 \text{ [kg]}$$

$$x = 0,1873 \text{ [m]}$$

$$\alpha = 0,468$$

$$\beta = 0,532$$

$$L_1 = 0,3518 \text{ [m]}$$

$$f_E = \frac{FL^3}{3EI} \alpha^2 \beta^2 = 50,2 * 10^{-6} \text{ [m]} \quad (5.22)$$

F – Belastning från Kärna 1

Fritt upplagd balk, elementarfall nr(6), sid.A13, ref [1].

$$I_{plåt} = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,3214*0,010^3}{12} = 26,78 * 10^{-9} \text{ [m}^4\text{]} \quad (5.23)$$

$$I = I_{plåt} - I_{hål,043} - 2 * I_{hål,010} = 21,54 * 10^{-9} \text{ [m}^4\text{]} \quad (5.24)$$

$$\begin{aligned}
m_1 &= 31,5 \text{ [kg]} \\
x &= 0,1807 \text{ [m]} \\
\alpha &= 0,5 \\
\beta &= 0,5 \\
L_2 &= 0,3614 \text{ [m]}
\end{aligned}$$

$$f_F = \frac{FL^3}{3EI} \alpha^2 \beta^2 = 68,5 * 10^{-6} \text{ [m]} \quad (5.25)$$

G – Belastning från Kärna 1 + Kärna 2 + Kärna 3

Beräkningarna på plattstången är en superponering av utböjningarna från beräkningarna i D och G.

$$f_G = 2 * f_D + f_F = 137,7 * 10^{-6} \text{ [m]} \quad (5.26)$$

5.3. Utvärdering av beräkningarna

Ur Boverkets handbok om Stålkonstruktioner, BSK 99 hämtades riktlinjer för hur stor den tillåtna utböjningen får vara hos rör och stänger, sid.133, ref [2].

För VKR-rör, som är en typ av konstruktionsrör, får utböjningen högst uppgå till 0,002 gånger längden. För plattstång, som är en typ av tryckt stång, får utböjningen högst vara 0,0015 gånger längden.

Den beräknade och tillåtna utböjningen har sammanställs i *Tabell 2* för att tydligare kunna utvärderas.

Beräkningsdel	f (µm)	f _{till} (µm)
A – Kärna 2 + Kärna 3	315,1	2570
B – Kärna 1	409,4	2570
C – Kärna 1	6	620
D – Kärna 2 + Kärna 3	34,6	527,7
E – Kärna 1	50,2	527,7
F – Kärna 1	68,5	542,1
G – Kärna 1 + Kärna 2 + Kärna 3	137,7	1597,5

Tabell 2 - Sammanställning av beräkningar.

Beräkningarna gav inte upphov till stora utböjningar på någon del. Bidrag från expanderenheter, styrbussningarnas och stödplattornas vikt, samt hålen i oket för expanderenheter och stödplattorna, som försumrades, skulle antagligen inte ha påverkat värdet på utböjningarna speciellt mycket. Till viss del kompenseras dessa försumningar av överslagsräkningarna av kärnornas vikt.

Beräkning G är lite svårare att avgöra rimligheten på. Plattstångens utböjning approximerades med utböjningen hos tre kortare plattstänger. Värdet på utböjningen kommer antagligen aldrig

bli så stor eftersom det finns två grova VKR-rören på två platser under plattstången. Dessutom kommer förmodligen utböjningarna vilja motverka varandra eftersom utböjningen av plattstången under Kärna 1 kommer ge en uppåtböjande effekt på plattstångerna under Kärna 2, vilka egentligen vill böja nedåt.

Om noggrannare beräkningar hade utförts, och samtliga försumningar hade tagits med, så hade antagligen värdet på utböjningarna blivit något större, men inte speciellt mycket. Alldeles för mycket tid hade gott åt att utföra beräkningarna utan att erhålla bättre resultat.

Syftet med beräkningarna var att påvisa eventuella brister eller osäkerheter i konstruktionen. Resultatet har utvärderats mot tillåtna utböjningar från handböcker. Beräkningarna som har utförts är en tillräcklig approximation för att med stor säkerhet kunna dra slutsatsen att konstruktionen kommer att klara belastningen av det erforderliga lastfallet.

6. RITNINGAR

Alla nya konstruktioner måste förses med en detaljritning. I den finns information, som dimension och material, vilket behövs för att tillverka detaljen. Varje detaljritning ska förses med ett ritningsnummer vilket används för både arkivering och referens för detaljen.

Till större konstruktioner som innehåller flera delar brukar en sammanställningsritning tillverkas. I den finns inga dimensioner utan endast namn och antal av detaljen i fråga. För att få information om dimensioner och material ges en hänvisning via ritningsnummer till detaljritningen.

Alla ritningar bifogas som bilagor, se BILAGA 1. Ritningar på skruvar, muttrar och övriga standarddetaljer bifogas ej. Dimensioner framgår i specifikationslistan i sammanställningsritningen.

7. SLUTSATS

7.1. Analys av resultat

Under det nästan halvår långa arbetet hos Arvika Gjuteri genererades en lösning av sättverktyget som konstruerades utifrån en befintlig CAD-modell av kärnpaketet. Eftersom modellen hade ett begränsat utseende så fanns det inga större möjligheter för generering av flera koncept. Det färdigställda verktyget uppfyller syftet med projektet eftersom den ökar noggrannheten i kärnsättningen samtidigt som den reducerar de fysiska påfrestningarna på medarbetarna.

Sättverktygets alla delar konstruerades och sammanställdes till en solidmodell i Solid Edge ST4. Modellen ger inte bara information om utseendet hos, och sammanställningen av, alla ingående detaljer, utan även om verktygets arbetspositioner vid kärnsättning. Detaljerna låstes fast i ritprogrammets koordinatsystem och sammanfogades med varandra för att på bästa sätt spegla verkligheten. Eftersom det inte fanns tid att utföra en simulering av kärnsättningen så ger CAD-modellen ändå en bra bild av verktygets verkliga arbetspositioner. Alla höjder kunde mätas i programmet och utifrån de kunde längderna på några detaljer bestämmas. T.ex. bestämdes expanderenheterens längd utifrån kännedom om arbetshöjderna på verktyget.

Som komplement till CAD-modellerna genererades detalj- och sammanställningsritningar för användning som tillverkningsunderlag och dokumentation.

Beräkningarna genomfördes med hänsyn på utböjning för att säkerställa att konstruktionen klarar erforderlig vikt. Syftet med beräkningarna var att påvisa eventuella osäkerheter eller brister i konstruktionen. Det uppkom inte några större utböjningar på några delar, trots att beräkningarna utfördes med grova överslagsräkningar på kärnornas vikt, vilka har kunnat utvärderas med hjälp av tillåten utböjning för stålkonstruktioner.

Utvärderingen av beräkningarna visade inga brister eller osäkerheter i konstruktionen, som därmed inte behöver justeras.

Slutligen kan det konstateras att frågeställningen har besvarats i enighet med punkterna i början av projektet.

7.2. Fortsatt arbete

Tidsbristen i slutet av arbetet medförde tyvärr att förslagen i avgränsningarna inte kunde genomföras.

På företaget finns ett förslag på rationalisering av en universal ram till laddfixturer av underdelramen. Idén är att använda samma grundram på fixturen till alla sättverktyg och modifiera den så att ”hyllorna” som kärnorna står på endast behöver hängas på ramen och inte svetsas. Idag svetsas hela fixturen ihop till en enhet och kan inte återanvändas till nya projekt utan att först behöva svetsas om. En lösning hade sparat företaget både pengar och material, men på grund av tidsbrist så fanns det tyvärr inte möjlighet att genomföra detta.

En annan viktig aspekt var visualisering av kärnpaketets rörelse under kärnsättningen i ett FEM-program. Även om solidmodellen ger viss information om kärnsättningen, så är det inte fullständigt för att kunna utvärdera om sättverktyget fungerar korrekt. Visualisering skulle kunna stödja resultatet från beräkningarna och verifiera säkerheten i konstruktionen.

REFERENSER

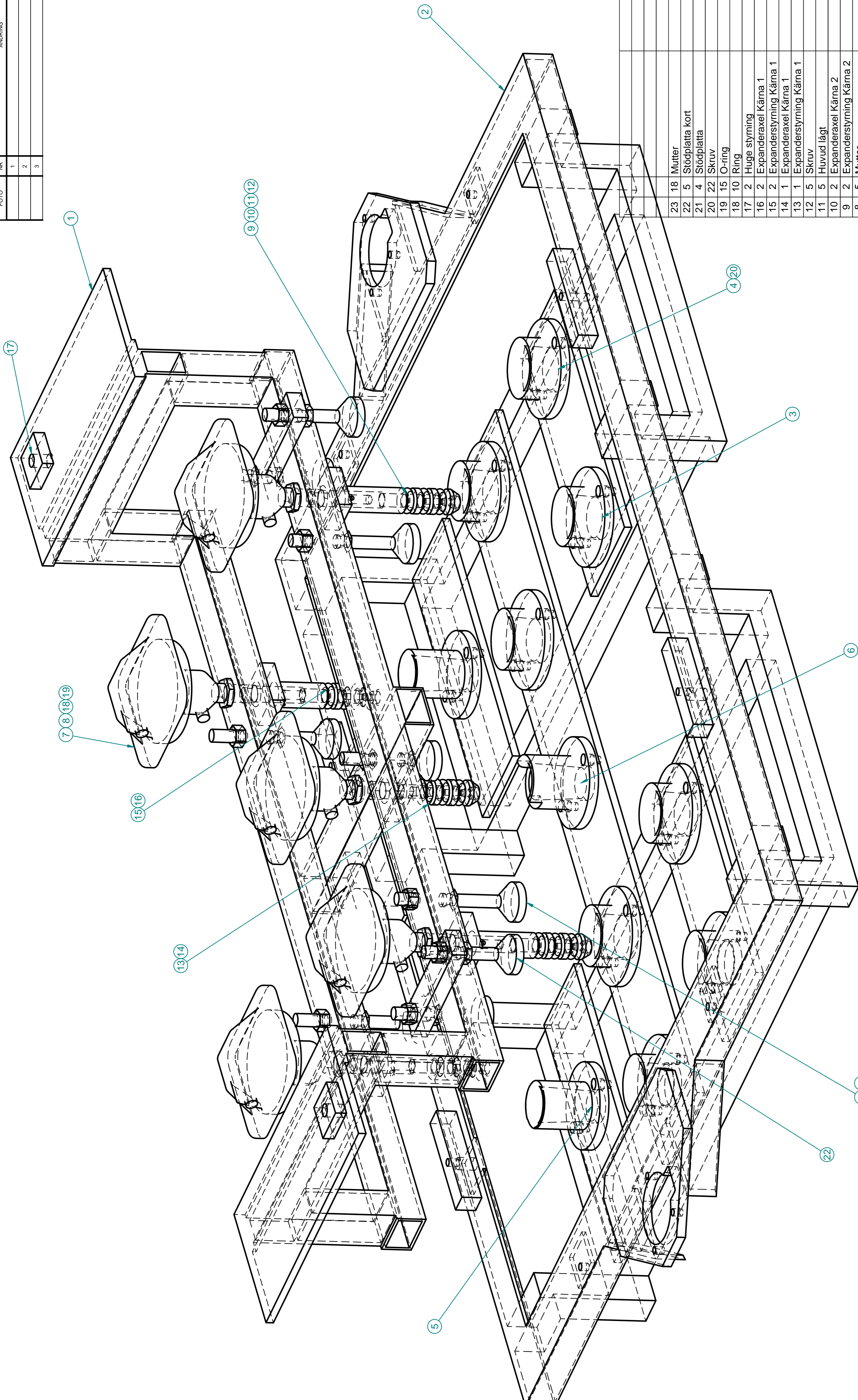
[1] Dahlberg, T. (2001) *Formelsamling i hållfasthetslära Supplement till: Teknisk hållfasthetslära*. (Upplaga 3) Lund: Studentlitteratur AB.

[2] Göransson, L. & Åkerlund, S. (1999) *Boverkets handbok om Stålkonstruktioner, BSK 99*. (Upplaga 3:1) Karlskrona: Boverket.

Muntliga referenser

[3] Kajsa Bergquist, Arvika Gjuteri, Arvika, tel 0570 - 832 24.

FOTO	NR	ÄNDRING	DATEM	RITAD	GDOK
	1				
	2				
	3				

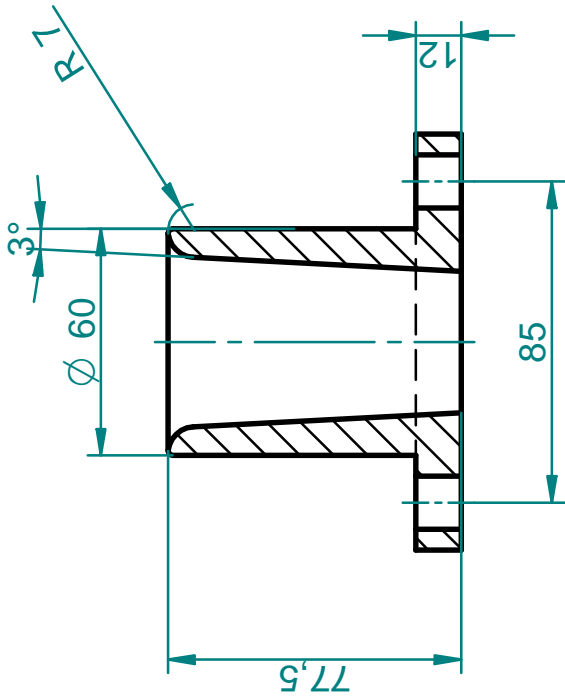
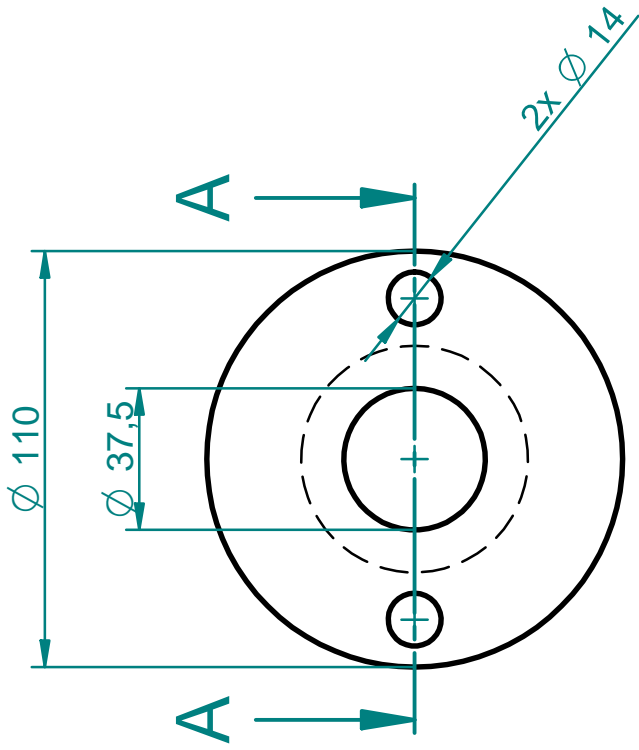


23	18	Mutter	M6M 16
22	5	Stödpatta kort	181661-15
21	4	Stödpatta	181661-14
20	22	Skruv	MC6S 10 x 25
19	15	O-ring	Ø16 x 8
18	10	Ring	171654-7
17	2	Huge styring	strl.nr.2
16	2	Expanderaxel Kärna 1	181661-13
15	2	Expanderstyring Kärna 1	181661-12
14	1	Expanderaxel Kärna 1	181661-11
13	1	Expanderstyring Kärna 1	181661-10
12	5	Skruv	MC6S 8 x 35
11	5	Huvud lågt	171654-12
10	2	Expanderaxel Kärna 2	181661-9
9	2	Expanderstyring Kärna 2	181661-8
8	5	Mutter	M6L 24
7	5	Tryckluftdosa	Atlas Copco
6	1	Grovstyrbussning Kärna 1	CO300D
5	2	Finstyrbussning Kärna 1	181661-7
4	4	Grovstyrbussning Kärna 2	181661-6
3	4	Finstyrbussning Kärna 2	181661-5
2	1	Fixtur underdel	181661-4
1	1	Ok	181661-3

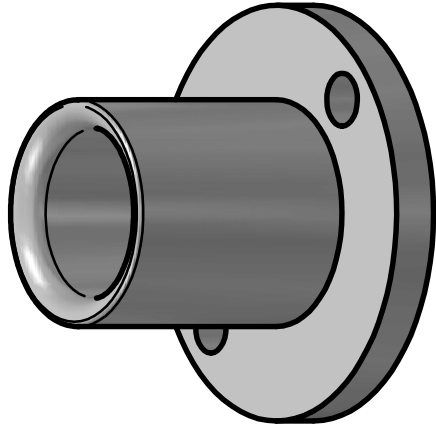
PCB	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION
MASKIN NR		MASKINFABRIKAT	ANSETT FÖR	STÅNG NR
TOL FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSÄTTA MÅTT ENL. SMS 716				
BENÄMNING				
Brakehousing 940/941				
FORM OCH LÄGESTOLERANSEN ENL. Kärnsättningsfixtur 2				
Sättsverktyg				
ISO TOLERANSSYSTEM				
FORM OCH LÄGESTOLERANSEN ENL. SMS				
YTJÄMNHET Ra µm				
R				
DAR EJ ANVÄT ANSVITTS				
A0 A1 A2				
SKALA 1:25				
KONSTR. LJ				
GDOK.				
DAT. 2014-04-29				
SKARPA KANTER BRUTNA				
LITTNR				
FORMAT				
A1				
RITNING NR				
181661				
ARK NR				
1				

DENNA RITNING ÄR ARVIKA GJUTERIS EGENDOM. SKYDDAD ENLIGT GÄLLANDE LAG.

FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				



SECTION A-A

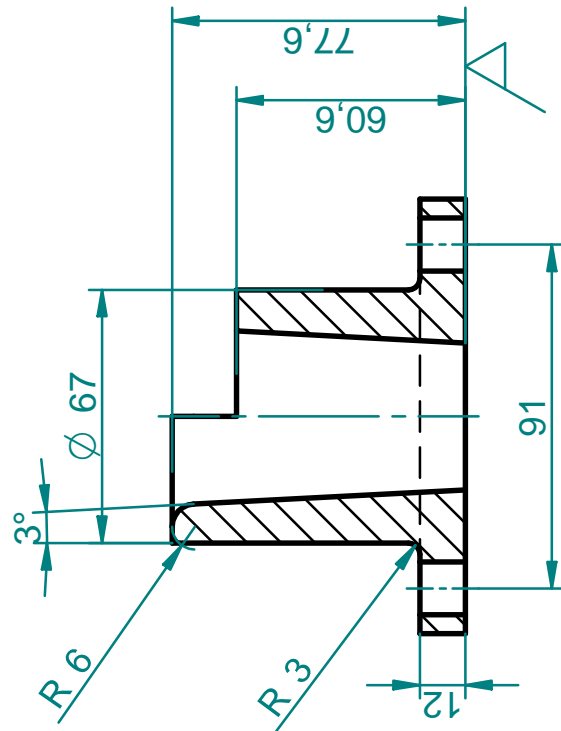
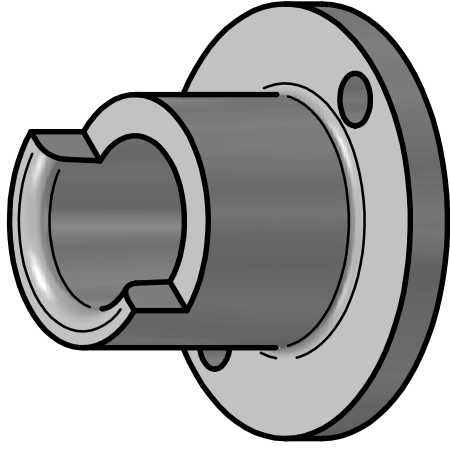
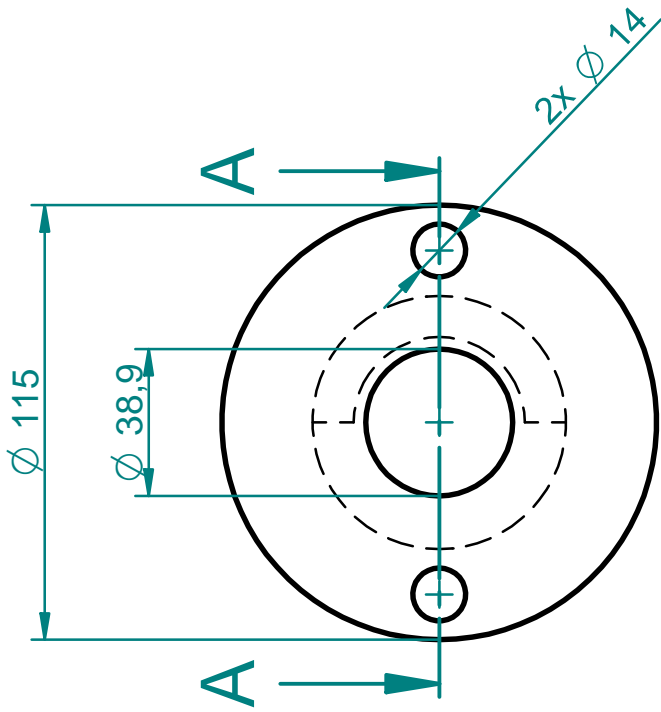


POS. NR.	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDAR NR RITNING NR ANM.
		Rundstång	SS2172	Ø110 L=78
MASKIN NR		MASKINFABRIKAT	AVSETT FÖR	AVSETT FÖR ÄMNE NR
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		ISO TOLERANSSYSTEM		BENÄMNING
ENL. SMS 715		FORM OCH LÄGESTOLERANSER ENL. SMS		Finstyrbussning Kärna 1
SKALA 1:2	YTJÄMNHET Ra,µm			Kärnsättare 2
KONSTR. LJ	DÄR EJ ANNAT ANGVITS: R			Brakehousing 940/941
GODK.	SLÄPPNING			
DAT. 2014-04-29	SKARPA KANTER BRUTNA			
GRP.				
LITT.NR	FOTO	FORMAT	RITNING NR	ARK.NR
Brakehousing 940/941	1	A3	181661	6

Arvika Gjuteri

DENNA RITNING ÄR ARVIKA GJUTERIS EGENDOM. SKYDDAD ENLIGT GÄLLANDE LAG.

FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				

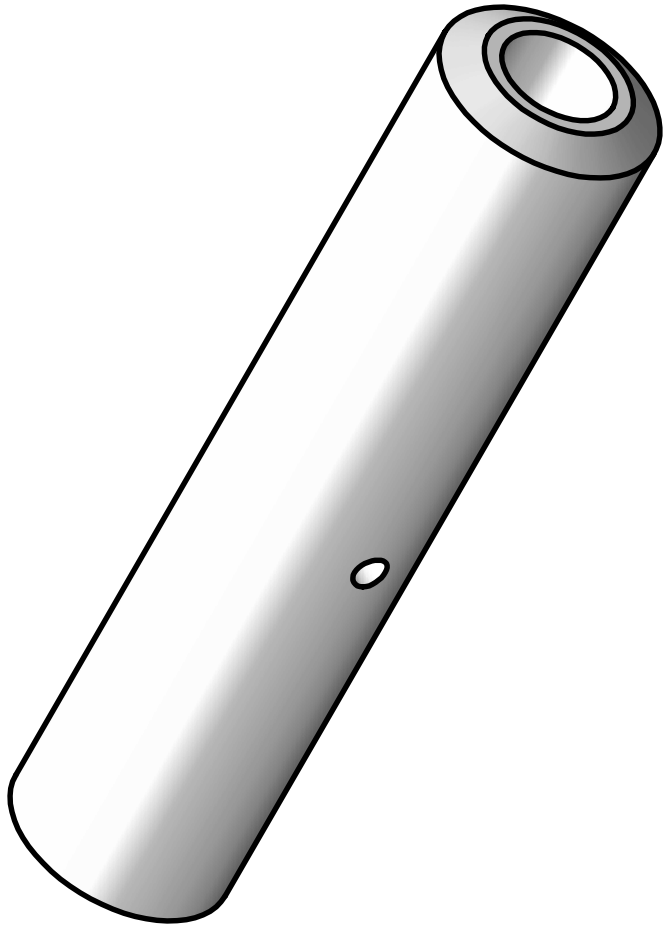
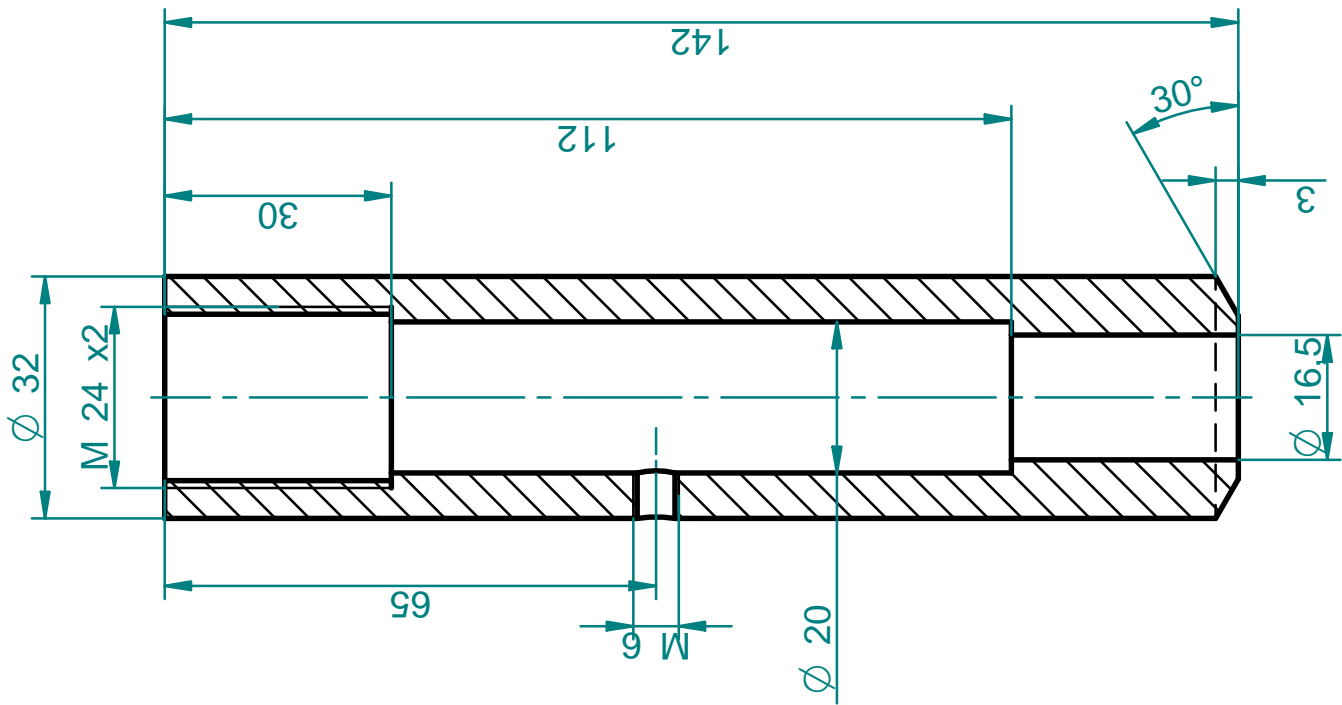
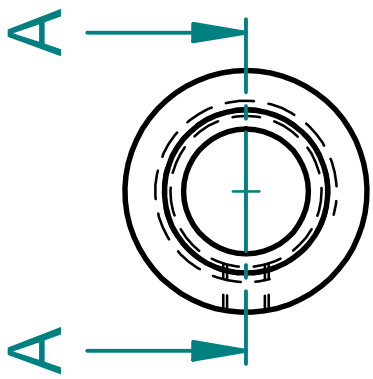


SECTION A-A

POS. NR	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDARD NR RITNING NR ANM.	
		Rundstång	SS2172	Ø1115 L=78	
MASKIN NR		MASKINFABRIKAT	AVSETT FÖR	AVSETT FÖR ÄMNE NR	
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		ISO TOLERANSSYSTEM		BENÄMNING	
ENL. SMS 715		FORM OCH LÄGESTOLERANSER ENL. SMS		Grovstyrbussning Kärna 1	
SKALA	1:2	YTJÄMNHET Ra,µm		Kärnsättare 2	
KONSTR.	LJ	DÄR EJ ANNAT ANGVITS: R		Brakehousing 940/941	
GODK.		SLÄPPNING			
DAT.	2014-04-29	SKARPA KANTER BRUTNA			
GRP.					
LITTNR	FOTO		FORMAT	RITNING NR	ARKNR
Brakehousing 940/941 CAD	A3		A3	181661	7

Arvika Gjuteri

FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				



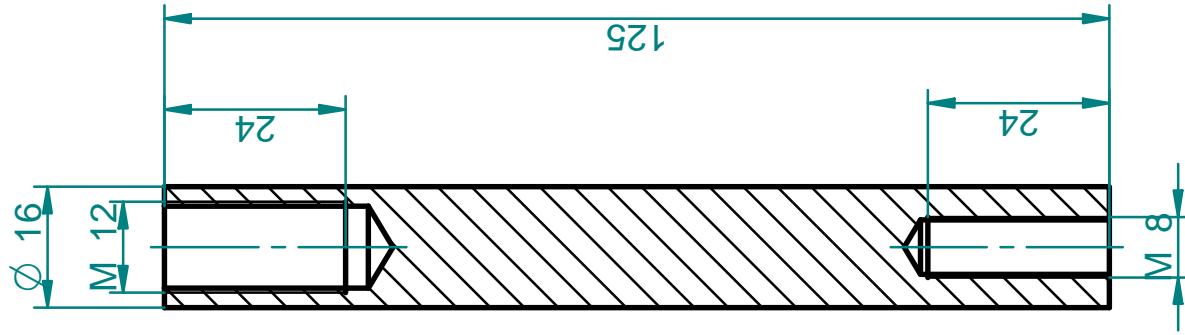
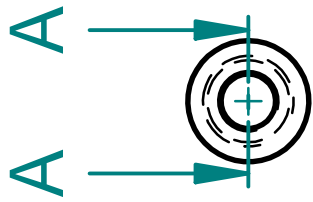
POS. NR.	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDAR NR RITNING NR ANM.	
		Rundstång	SS1650	Ø32 L=145	
MASKIN NR		MASKINFABRIKAT	AVSETT FÖR	AVSETT FÖR ÄMNE NR	
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		ISO TOLERANSSYSTEM		BENÄMNING	
ENL. SMS 715		FORM OCH LÄGESTOLERANSER ENL. SMS		Brakehousing 940/941	
SKALA	1:1	YTJÄMNHET Ra,µm		Kärnsättningsfixtur	
KONSTR.	LJ	DÄR EJ ANNAT ANGVITS: R		Styrning till expander	
GODK.		SKARPA KANTER BRUTNA			
DAT.	2014-04-29				
GRP.					
LITTNR		FOTO	FORMAT	RITNING NR	ARKNR
		Brakehousing 940/941	A3	181661	8

Arvika Gjuteri

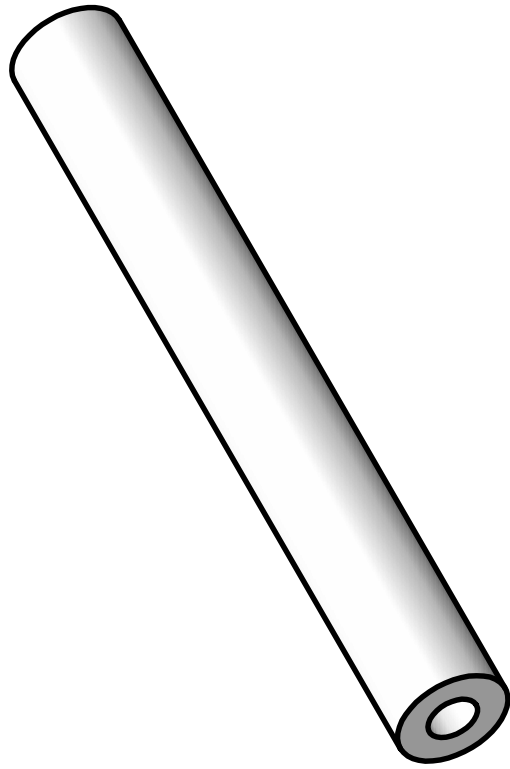
SECTION A-A

DENNA RITNING ÄR ARVIKA GJUTERIS EGENDOM. SKYDDAD ENLIGT GÄLLANDE LAG.

FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				



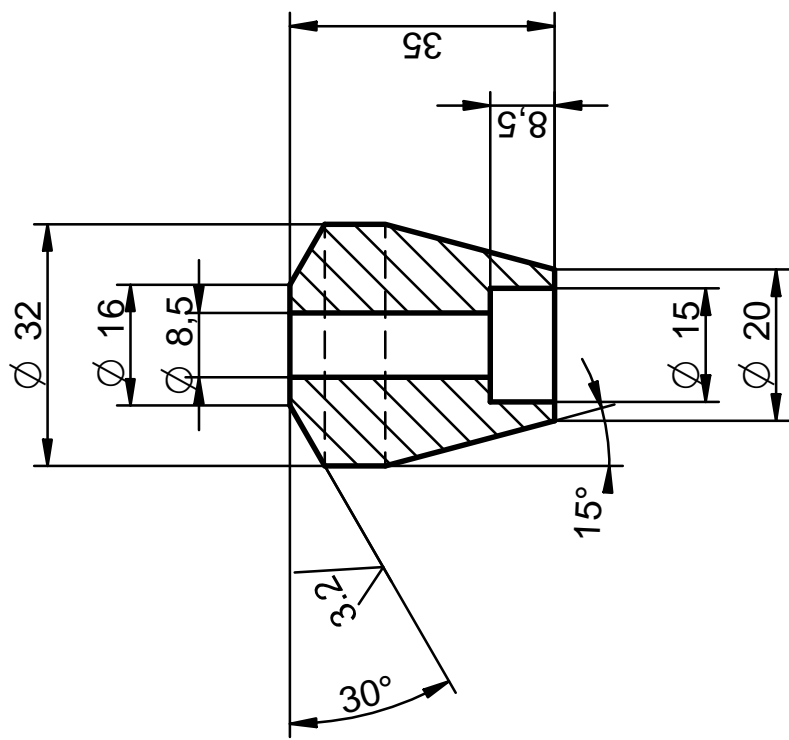
SECTION A-A



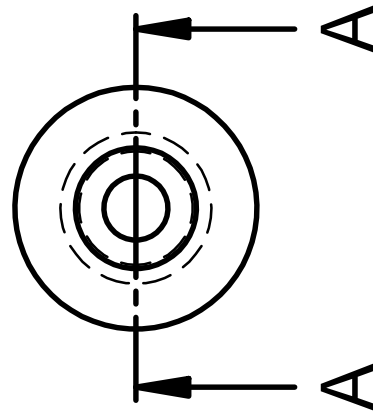
POS. NR.	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDARD NR RITNING NR ANM.	
		Rundstång	SS1650	Ø16 L=125	
MASKIN NR		MASKINFABRIKAT	AVSETT FÖR	AVSETT FÖR ÄMNE NR	
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		ISO TOLERANSSYSTEM		BENÄMNING	
ENL. SMS 715		FORM OCH LÄGESTOLERANSER ENL. SMS		Brakehousing 940/941	
SKALA	1:1	YTJÄMNHET Ra,µm		Kärnsättningsfixtur	
KONSTR.	LJ	DÄR EJ ANNAT ANGVITS: R		Axel till expander	
GODK.		SKARPA KANTER BRUTNA			
DAT.	2014-04-29				
GRP.					
LITTNR	FOTO		FORMAT	RITNING NR	ARKNR
Brakehousing 940/941	941		A3	181661	9

Arvika Gjuteri

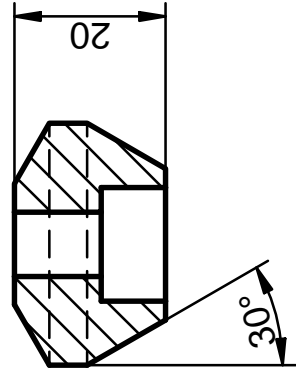
FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				



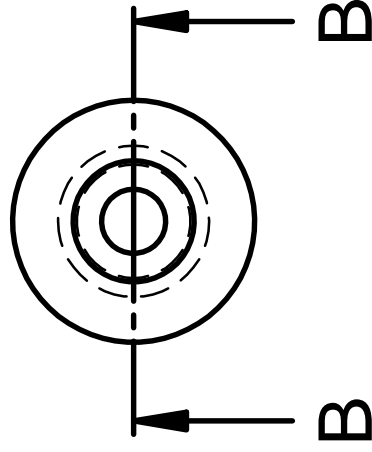
SECTION A-A



SECTION B-B



Alternativt utförande:
Kort huvud.

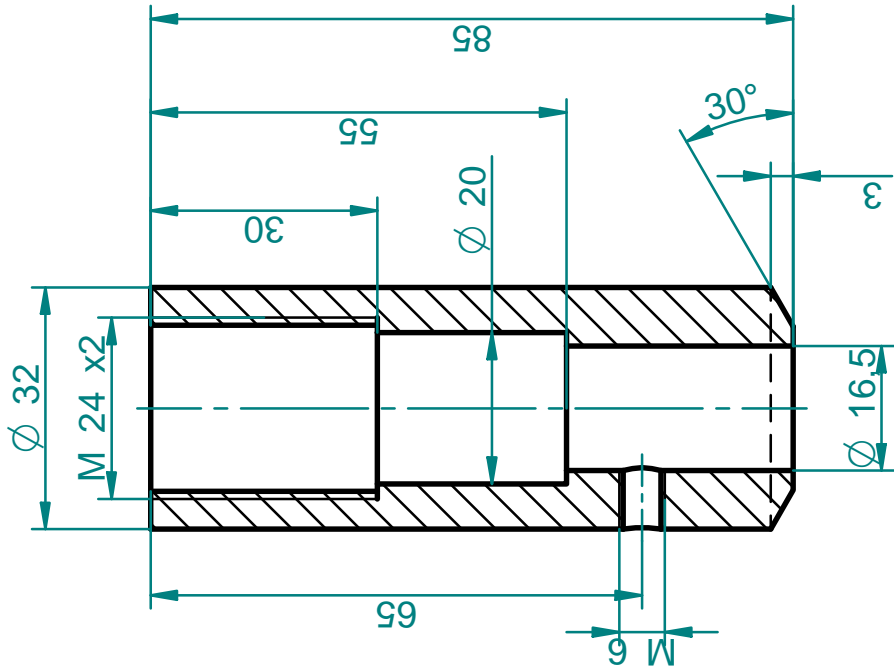
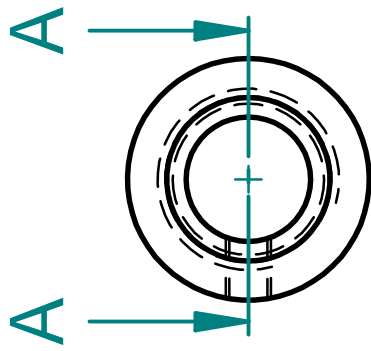


POS. NR.	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDARD NR RITNING NR ANM.
MASKIN NR		MASKINFABRIKAT	AVSETT FÖR	AVSETT FÖR ÄMNE NR
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		ISO TOLERANSSYSTEM		
ENL. SMS 715		FORM OCH LÅGESTOLERANSER ENL. SMS		
SKALA 1:1		YTJÄMNHET Ra,µm	BENÄMNING Expanderande lyftverktyg Huvud	
KONSTR. KMB		DÄR EJ ANNAT ANGIVITS: R	A0 A1 A2	
GODK.		SLÄPPNING	A3 A4 Tot.	
DAT. 910313		SKARPA KANTER BRUTNA		
GRP.				
LITT.NR		FOTO	FORMAT	ARK NR
706-STANDARD-601		CAD	A3	171654 12

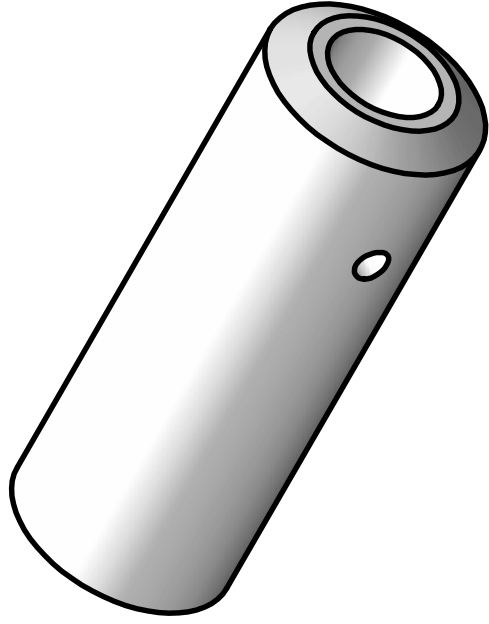
Arvika Gjuteri

DENNA RITNING ÄR ARVIKA GJUTERIS EGENDOM. SKYDDAD ENLIGT GÄLLANDE LAG.

FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				



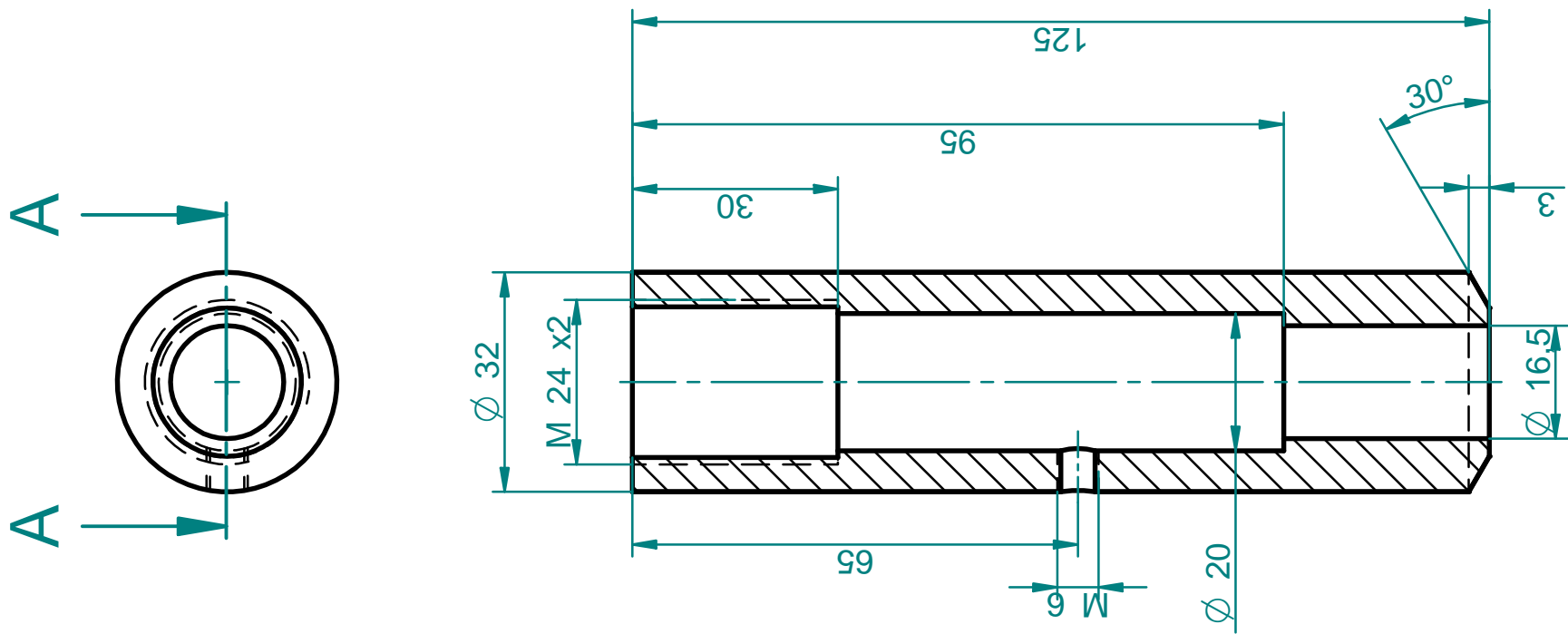
SECTION A-A



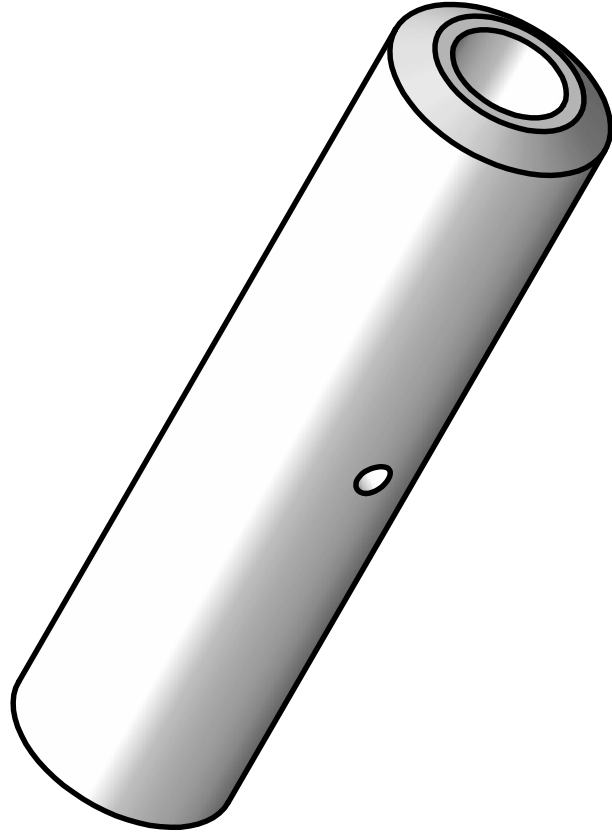
POS. NR.	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDARD NR RITNING NR ANM.
		Rundstång	SS1650	Ø32 L=85
MASKIN NR		MASKINFABRIKAT	AVSETT FÖR	AVSETT FÖR ÄMNE NR
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		BENÄMNING		
ENL. SMS 715		Brakehousing 940/941		
SKALA 1:1		Kärnsättningsfixtur		
KONSTR. LJ		Styrning till expander		
GODK.		ISO TOLERANSSYSTEM		
DAT. 2014-04-29		FORM OCH LÅGESTOLERANSER ENL. SMS		
GRP.		YTJÄMNHET Ra,µm		
		DÄR EJ ANNAT ANGVITS: R		
		SLÄPPNING		
		SKARPA KANTER BRUTNA		
		A0 A1 A2		
		A3 A4 Tot.		
LITTNR		FOTO		
Brakehousing 940/941		1 CAD		
FORMAT		RITNING NR		
A3		181661		
ARKNR		10		

DENNA RITNING ÄR ARVIKA GJUTERIS EGENDOM. SKYDDAD ENLIGT GÄLLANDE LAG.

FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				



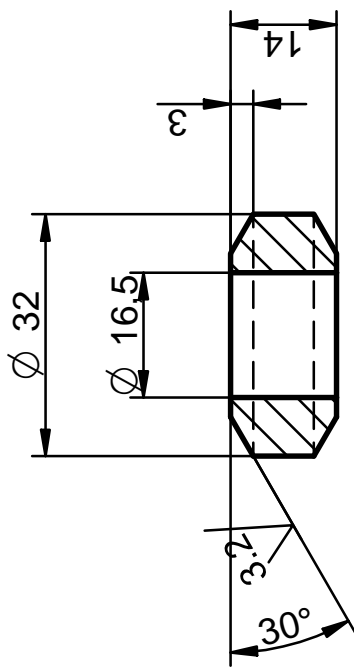
SECTION A-A



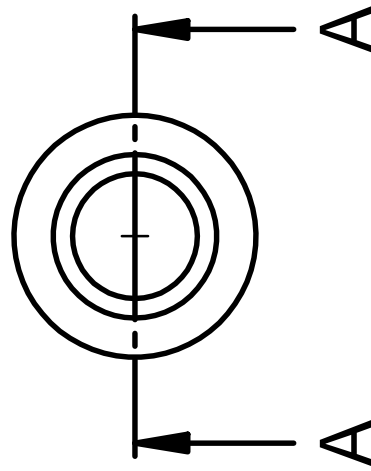
POS. NR	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDARD NR RITNING NR ANM.
		Rundstång	SS1650	Ø32 L=125
		MASKINFABRIKAT		AVSETT FÖR
				AVSETT FÖR ÄMNE NR
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		BENÄMNING		
ENL. SMS 715		Brakehousing 940/941		
SKALA 1:1		Kärnsättningsfixtur		
KONSTR. LJ		Styrning till expander		
GODK.		ISO TOLERANSSYSTEM		
DAT. 2014-04-29		FORM OCH LÄGES TOLERANSER ENL. SMS		
GRP.		YTJÄMNHET Ra,µm		
LITTNR		DÄR EJ ANNAT ANGVITS: R		
		SLÄPPNING		
		SKARPA KANTER BRUTNA		
		A0 A1 A2		
		A3 A4 Tot.		
		Arvika Gjuteri		
		FORMAT A3		
		RITNING NR 181661		
		ARKNR 12		

DENNA RITNING ÄR ARVIKA GJUTERIS EGENDOM. SKYDDAD ENLIGT GÄLLANDE LAG.

FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				



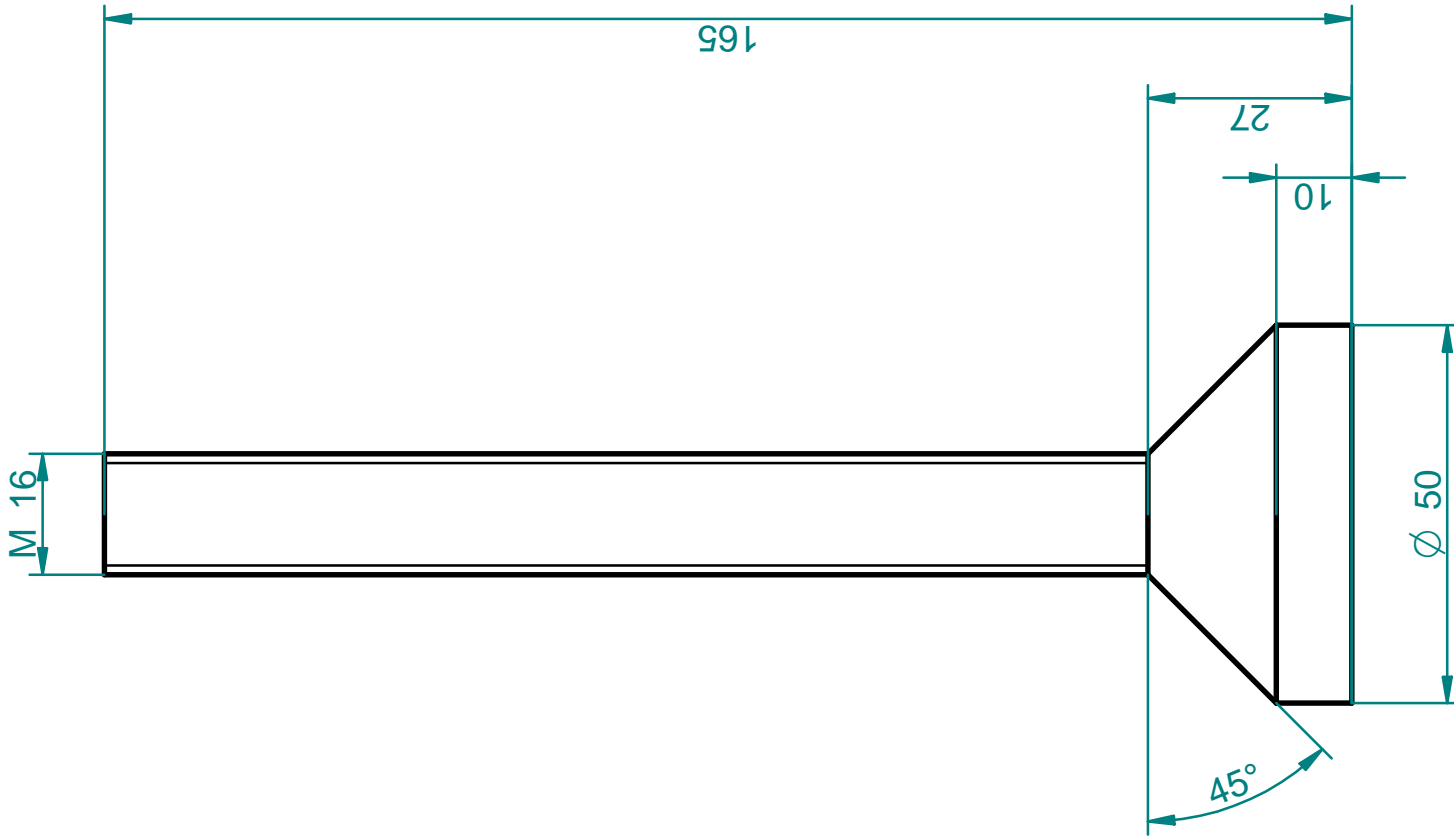
SECTION A-A



POS. NR.	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDAR NR RITNING NR ANM.
MASKIN NR		MASKINFABRIKAT	AVSETT FÖR	AVSETT FÖR ÄMNE NR
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		ISO TOLERANSSYSTEM		
ENL. SMS 715		FORM OCH LÅGESTOLERANSER ENL. SMS		
SKALA	1:1	YTJÄMNHET Ra,µm	BENÄMNING	
KONSTR.	KMB	DÄR EJ ANNAT ANGVITS: R	Expanderande lyftverktyg	
GODK.		SLÄPPNING	Ring	
DAT.	910313	SKARPA KANTER BRUTNA		
GRP.				
LITT.NR		FOTO	FORMAT	ARK NR
		CAD	A3	7
706-STANDARD-601		RITNING NR	171654	
		Arvika Gjuteri		

DENNA RITNING ÄR ARVIKA GJUTERIS EGENDOM. SKYDDAD ENLIGT GÄLLANDE LAG.

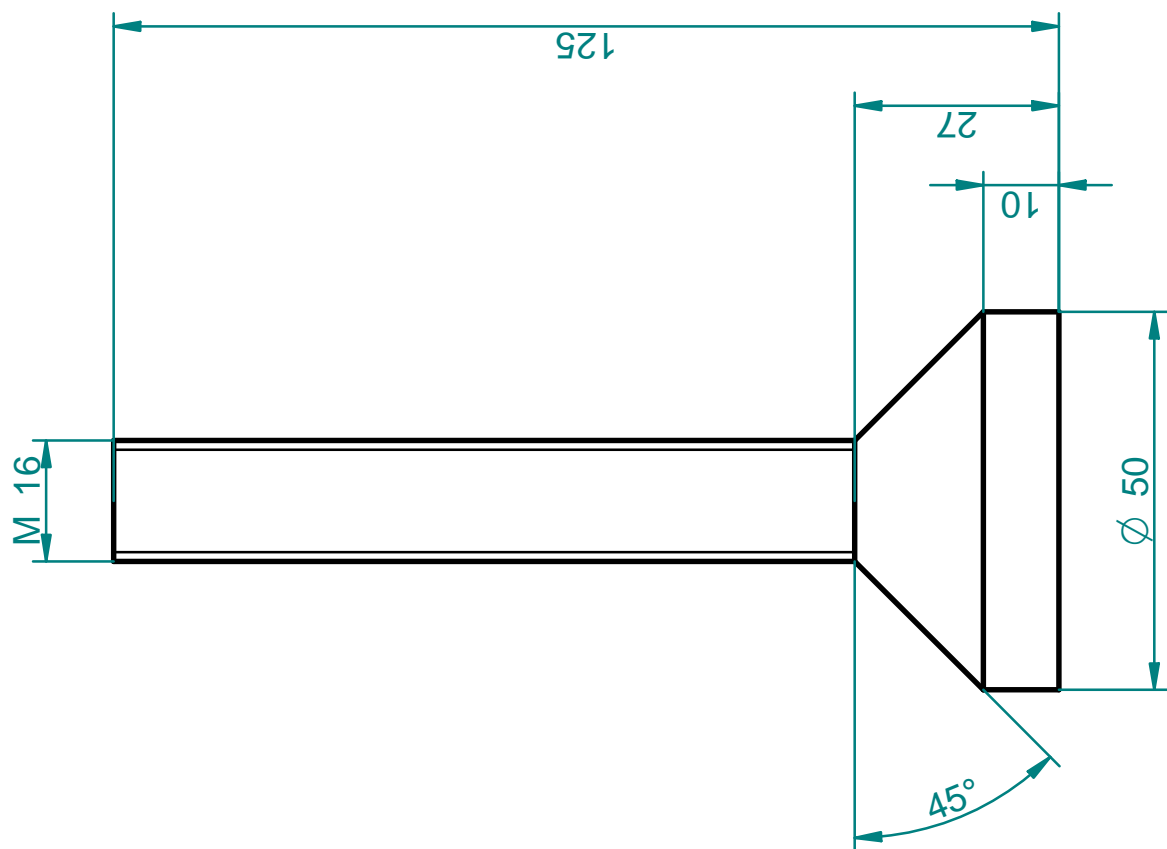
FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				



POS. NR	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDARD NR RITNING NR ANM.
		Rundstång		Ø50 L=165
MASKIN NR	MASKINFABRIKAT	AVSETT FÖR	AVSETT FÖR ÄMNE NR	
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		BENÄMNING		
ENL. SMS 715		Stödplatta		
SKALA 1:1		Kärnsättare 2		
KONSTR. LJ		Brakehousing 940/941		
GODK.		Arvika Gjuteri		
DAT. 2014-04-29				
GRP.				
LITTNR		ARKNR		
Brakehousing 940/941		14		
FOTO		RITNING NR		
941		181661		
FORMAT		A3		

DENNA RITNING ÄR ARVIKA GJUTERIS EGENDOM. SKYDDAD ENLIGT GÄLLANDE LAG.

FOTO	NR	ÄNDRING	DATUM	RITAD	GODK.
	1				
	2				
	3				



Rundstång		Ø50 L=125			
POS. NR.	ANT.	BENÄMNING	MATERIAL	DIMENSION STANDARD NR RITNING NR ANM.	
MASKIN NR		MASKINFABRIKAT	AVSETT FÖR	AVSETT FÖR ÄMNE NR	
TOL. FÖR ICKE DIREKT TOLERANSSATTA MÅTT		ISO TOLERANSSYSTEM		BENÄMNING	
ENL. SMS 715		FORM OCH LÅGESTOLERANSER ENL. SMS		Stödplatta kort Kärnsättare 2 Brakehousing 940/941	
SKALA 1:1		YTJÄMNHET Ra,µm			
KONSTR. LJ		DÄR EJ ANNAT ANGVITS: R		A0	A1
GODK.		SLÄPPNING		A3	A4
DAT. 2014-04-29		SKARPA KANTER BRUTNA			Tot.
GRP.					
LITT.NR	Brakehousing 940/941		FOTO	FORMAT	ARKNR
				A3	181661
					15

Arvika Gjuteri