

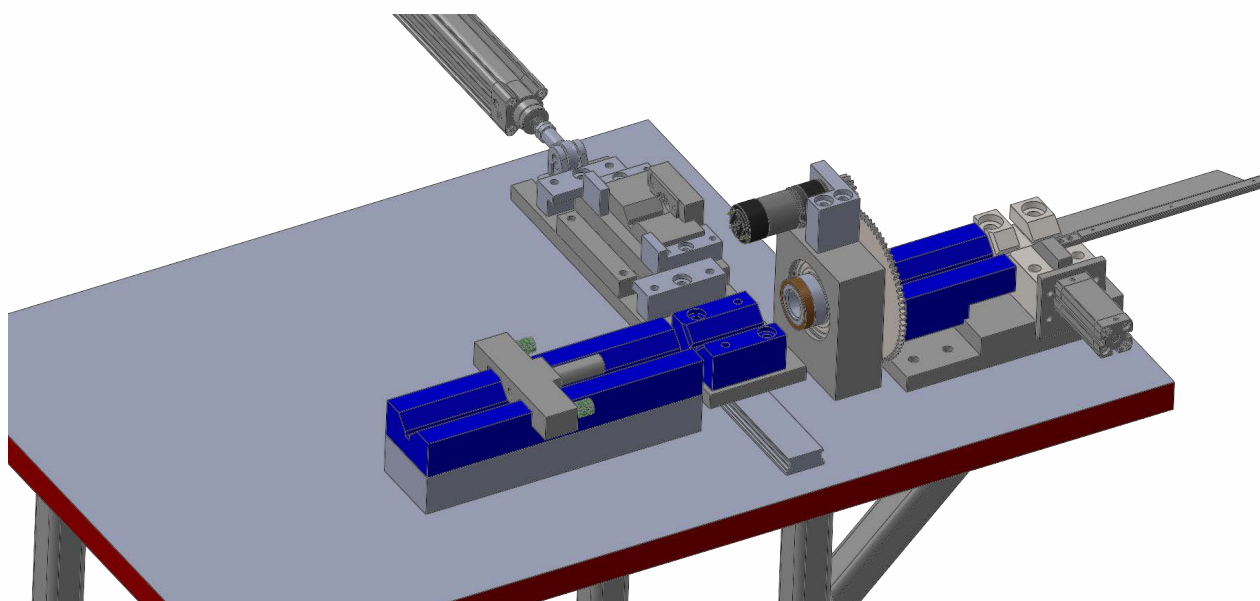
Håkon Os Høsøien
Stian Gildestad

Valg av sammenføyningsmetode og utvikling av produksjonsutstyr

Mai 2022

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for maskinteknikk og produksjon



RAPPORT BACHELOROPPGAVEN

Tittel (Både på norsk og engelsk kreves)

Valg av sammenføyingsmetode og utvikling av produksjonsutstyr.

Choice of joining method and development of production equipment.

Prosjektnr

MTP-K-2022-05

Forfatter(e)

Håkon Os Høsøien

Stian Gildestad

Oppdragsgiver(e) eksternt

FLOKK AS

Veileder(e) internt

Detlef Blankenburg

Rapporten er ÅPEN

Dato levert

20/05-2022

Kort sammendrag (Både på norsk og engelsk kreves)

Oppgaven omhandler forandring av produksjonsmetode for en eksisterende komponent. Arbeidet med dette innebærer vurdering av metoder som kan brukes til å gi et rør med rundt tverrsnitt, ender med heksagonal eller firkantet geometri. Det er også arbeidet frem et konsept for produksjonsutstyr.

The thesis deals with changing the production method for an existing component. Work on this involves evaluating methods that can be used to give a pipe with a round cross section, ends with hexagonal or square geometry. A concept for production equipment has also been developed.

Stikkord:

Sammenføyning, produksjon, konstruksjon

Keywords:

Material joining, production, construction

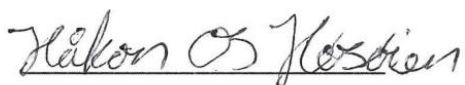
Forord

Dette er en bachelor-rapport som er skrevet i forbindelse med avsluttende utdanning ved linje for maskinkonstruksjon ved NTNU. Rapporten omhandler endring av produksjonsmetode og utvikling av konsept for tilhørende produksjonsutstyr. Oppgavens mål er at deltakerne skal få dypere innsikt i fagområdet maskinkonstruksjon. Oppgaven er skrevet i samarbeid med FLOKK, som er produsent og bruker av dagens løsning. Komponentenes produksjonsvolum er fallende, og dagens produksjonsutstyr er slitt. Gjennom arbeidet med rapporten har gruppen fått brukt sine kunnskaper innen produktutvikling, ulike produksjonsteknikker og om maskinkonstruksjon.

Rapporten inneholder vurderinger av produksjonsmetoder, sammenføyningsmetoder og konstruksjon av produksjonsutstyr.

Gruppen ønsker å takke intern veileder Detlef Blankenburg for god veiledning og oppfølging. Vi ønsker også å takke FLOKK for en oppgaven og muligheten til å gjøre forsøk.

Håkon Os Høsøien



Stian Gildestad



Sammendrag

Oppgavens hensikt er å fremstille et produksjons-konsept som gir FLOKK et bedre beslutningsgrunnlag for fremtidig produksjon av en komponent.

Arbeidet med dette innebærer vurdering av metoder som kan brukes til å gi et rør med rundt tverrsnitt, ender med heksagonal eller firkantet geometri. Røret brukes for å feste for et torsjonsstag. Hovedfokuset ligger på montering av en innsats med ønsket form i et rør, da dette forslaget ble fremmet fra FLOKK.

Rapporten er kronologisk oppbygget, etter stegene i fremgangsmetoden som er benyttet. Krav og inngangsverdier fremstilt fra FLOKK er grunnlaget for arbeidet. Ut fra disse ble det lagd kravspesifikasjoner til fjærholderen og produksjonsutstyret. Videre ble aktuelle metoder vurdert opp mot hverandre, og de mest lovende ble testet. Testingen ble noe begrenset grunnet at noen av metodene krever spesialutstyr som ikke var tilgjengelig for gruppen.

Etter resultatene fra testingen var evaluert, ble TIG-sveising uten bruk av tilsatsmateriale valgt som den metoden gruppen ville arbeide videre med. Resten av rapporten omhandler design av et maskinkonsept som er i stand til å sammenføre 82 000 enheter i året med den gitte metoden. Det er beskrevet tenkt funksjon, og begrunnelse av valg som er gjort. Kostnadsoverslaget er usikkert, men viser at kostnaden per produserte enhet er lavere enn begge dagens metoder. For å oppnå dette kreves det en investering i produksjonsutstyr, denne kostnaden gjør at vår løsning først gir en lavere total kostnad etter litt over 1 år. Neste steg i prosessen er at FLOKK vurderer konseptet, hvis de velger å gå videre med det må detaljkonstruksjonen ferdigstilles.

Til slutt i rapporten vurderes konseptet, fremgangsmåte og resultater.

Abstract

The purpose of the thesis is to produce a production concept that gives FLOKK a better decision basis for future production of a component.

Work on this involves evaluating methods that can be used to give a pipe with a round cross section, ends with hexagonal or square geometry. The tube is used to attach to a torsion bar. The main focus is on mounting an insert with the desired shape in a pipe, as this proposal was put forward by FLOKK.

The report is chronologically structured, according to the steps in the procedure used. Requirements and input values produced by FLOKK are the basis for the work. Based on these, requirements specifications were made for the spring holder and the production equipment. Furthermore, current methods were evaluated against each other, and the most promising were tested. The testing was somewhat limited due to the fact that some of the methods require special equipment that was not available to the group.

After the results from the testing were evaluated, TIG welding without the use of additive material was chosen as the method the group would continue to work with. The rest of the report deals with the design of a machine concept that is capable of merging 82,000 units a year with the given method. The intended function is described, and the reasons for the choice made. The cost estimate is uncertain but shows that the cost per unit produced is lower than both current methods. To achieve this, an investment in production equipment is required, this cost means that our solution only gives a lower total cost after over a year. The next step in the process is that FLOKK assesses the concept, if they choose to proceed with it, the detailed construction must be completed.

At the end of the report, the concept, procedure and results are assessed.

Innholdsfortegnelse

Innhold

Forord.....	i
Sammendrag.....	ii
Abstract.....	iii
Innholdsfortegnelse.....	iv
Figurliste.....	1
Tabelliste.....	1
Oppgavetekst.....	3
Innledning.....	4
Bakgrunn for oppgaven.....	4
Problemstilling.....	4
Hensikt.....	5
Kontorstoler.....	5
Forutsetninger/begrensinger.....	7
Løsningsprosess.....	7
Solidworks.....	7
Verksted.....	7
Oppbygging av rapport.....	7
Metode.....	8
1. Sammenføyning.....	8
2. Produksjonsutstyr.....	8
Kravspesifikasjoner.....	9
Brukerkravspesifikasjon.....	9
Produktkravspesifikasjon.....	10
Teknologianalyse.....	11
Sammenføyning.....	11
Fastspennig av fjær vha form.....	13
Testing og valg av metode.....	16
Evaluering.....	17
Anaerob fastsettingsvæske.....	18
Pressveising.....	19
TIG.....	21
Slaglodding.....	22

Presspasning	23
Fastholding av fjær ved formending av røret	23
MAG.....	24
Resultater	24
Valgt løsning og detaljdesign	26
Produktkravspesifikasjonen og.....	27
Lineære Aktuatoretyper	28
Pneumatikk	28
Hydraulikk.....	29
Elektriske.....	29
Valg	30
Maskinen	30
Oversikt og prinsipp	32
Konstruksjon av rotator	39
Innspenning av rør.....	40
Lagerhus	41
Valg av lager og montering	41
Jordingspunkt	41
Motor	41
Betjening og kapasitet	46
Kostnadsoverslag.....	46
Produksjonskostnader.....	47
Analyse og diskusjon.....	48
Videre utvikling.....	50
Konklusjon	51
Referanser	52
Vedleggliste	53

Figurliste

Figur 1: Komponentene som brukes i dag.....	4
Figur 2: Rør og innsats før sveising.....	4
Figur 3: Kontorstol, RH Logic (FLOKK, 2022).....	5
Figur 4: Setebeslag med sveiset fjærholder	6
Figur 5: Prinsipp beslag med torsjonsstav.....	6
Figur 6: Modell av FELSS formeverktøy(KILDE)	14
Figur 7: Rør som FELSS har formet	14
Figur 8: Rør deformert til firkant	15
Figur 9: Resultat av simulering av støttering(Von Mises).....	15
Figur 10: Modellert innsats med utvendige riller.....	15
Figur 11: Modellert innsats med utvendige riller:.....	15
Figur 12: Testtrigg, med momentforsterker og momentnøkkel	16
Figur 13: Sammenheng mellom klaring, herdetid og styrke for Loctite 638 (Loctite, 2013)	18
Figur 14: Pressverktøy for testing av pressveising	19
Figur 15: Oksidbelegg som sprekker, sveiset med TIG	21
Figur 16: Tverrsnitt som viser innbrenning	21
Figur 17: Bilde fra idémyldring	26
Figur 18: Bilde fra idémyldring	27
Figur 19: Gjennomskåret lineæraktuator fra Wittenstein (Wittenstein group, 2016))	30
Figur 20: Prinsippskisse trådnist (researchgate, 2015).....	31
Figur 21: Oversikt delsammenstillinger	32
Figur 22: Tverrsnitt presseprosess	33
Figur 23: Presshode	35
Figur 24: Fjærer sentreringsverktøy	36
Figur 25: Overføring av kraft fra presshode til sentreringsverktøy.....	36
Figur 26: Sprengskisse sentreringsverktøy.....	37
Figur 27: Snitt av sentreringsverktøy	37
Figur 28: Skuffe.....	38
Figur 29: Eksempler på snekkegir (HPC, u.d.).....	39
Figur 30: Sprengskisse innspenning av rør	40
Figur 31: Rotator.....	41
Figur 32: DC motor (Micro motors E192·12·91) (Micro motors, u.d.)	42
Figur 33: Kraftoverføring rotator.....	43
Figur 34:Stopp/utmating, korte rør	46
Figur 35:Stopp/utmating, lange rør.....	46
Figur 36: Eksempel på ring for jording av roterende rør (btslipring, u.d.)	50

Tabelliste

Tabell 1: Toleranser rør	13
Tabell 2: Toleranser innsats.....	13
Tabell 3: Ekstremalverdier komponenter.....	13
Tabell 4: Pasninger rør og innsats	13
Tabell 5: Poeng Loctite	19
Tabell 6: Poeng pressveising	20
Tabell 7: Poeng TIG.....	22

Tabell 8: Poeng slagloddning.....	22
Tabell 9: Poeng deformering av rør.....	23
Tabell 10: Poeng MAG.....	24
Tabell 11: Testresultat.....	24
Tabell 12: Sammenligning poeng	25
Tabell 13: Produktutvalg Wittenstein (Wittenstein, u.d.)	30
Tabell 14: Kostnadsoverslag sveisemaskin.....	47
Tabell 15: Variable kostnader.....	48
Tabell 16: Kostnader dagens løsning.....	48
Tabell 17: Kostnader nytt konsept	48



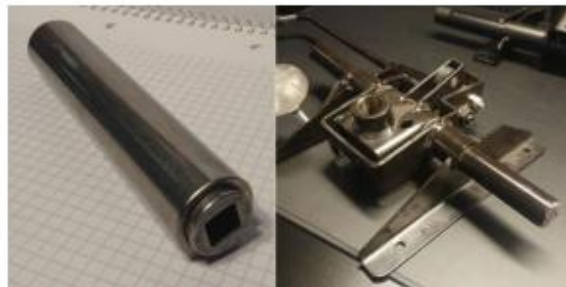
Institutt for maskinteknikk og produksjon

**BACHELOROPPGAVE VÅR 2022
HÅKON OS HØSØIEN; STIAN GILDESTAD**

**VALG AV SAMMENFØYNINGSMETODE OG UTVIKLING AV
PRODUKSJONSUTSTYR**

Choice of joining method and development of production equipment

Oppgaven omhandler en endring av produksjonsmetode for en allerede eksisterende komponent i vippe mekanismen til en kontorstol. Denne modellen bruker en torsjonsfjær som går igjennom et rør og er fastspent i den ene enden. Utstyret som brukes i produksjon i dag krever omfattende og kostbart vedlikehold som med fordel kan erstattes med bedre utstyr basert på bedre egnete metoder. Arbeidet gjennomføres i samarbeid med firmaet Flokk som er et merkevarerhus som tilbyr et bredt utvalg av sitteløsninger, bord og tilbehør for arbeidsplasser. Oppgaven omfatter følgende punkter:



Arbeidet gjennomføres i samarbeid med firmaet Flokk som er et merkevarerhus som tilbyr et bredt utvalg av sitteløsninger, bord og tilbehør for arbeidsplasser. Oppgaven omfatter følgende punkter:

1. Kort analyse og beskrivelse av produkt, teknologi og marked
2. Utvikling av nødvendige spesifikasjoner som grunnlag for arbeidet.
3. Analyse av alternative sammenføyningsmetoder
4. Utvikling, evaluering og presentasjon av alternative konsepter.
5. Valg, videre detaljering og raffinering av det mest lovende konsept.
6. Utvikling av struktur, utforming og dokumentasjon av utvalgte komponenter.
7. Fremstilling og test av utvalgte komponenter.
8. Evaluering og presentasjon av resultatene.
9. Evaluering av valgt metodikk og resultatene i forhold til læringsmålene.

Oppgaven skal aktiv ta i bruk et prosjekt journal. Arbeidet skal risikovurderes. Risikovurdering er en løpende dokumentasjon og skal gjøres før oppstart av enhver aktivitet som KAN være forbundet med risiko.

Besvarelsen skal ha med signert oppgavetekst, et sammendrag på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse, etc. Ved utarbeidelse av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Ved bedømmelse legges det stor vekt på at resultater er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

Kontaktpersoner: Arvid Moseng, Flokk

Detlef Blankenburg
Faglærer

Innledning

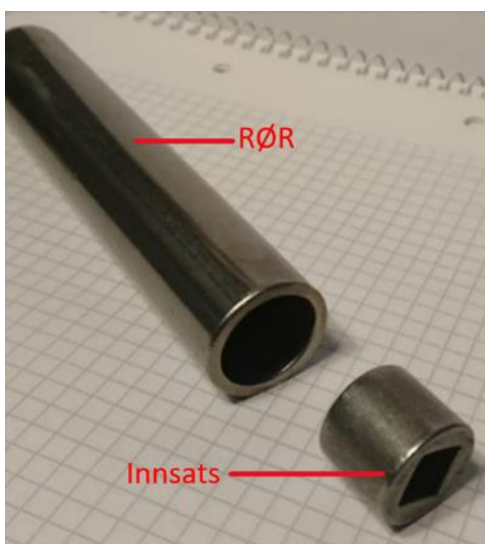
Bakgrunn for oppgaven

Når vi skulle finne en egnet oppgave, prøvde vi de kontaktene vi allerede hadde i næringslivet. Håkon har arbeidet for FLOKK, og har fagbrevet sitt derifra. De hadde flere utfordringer de jobbet med, og var positive til å la oss skrive en oppgave for dem. Vi bestemte oss til slutt for problemstillingen som er beskrevet i dette dokumentet.

Flokk er et merkevarerhus som leverer sitteløsninger og tilbehør til bedrifter. Flokk ble dannet i 2007 ved at danske RBM, svenske RH og norske HÅG ble samlet i ett selskap. Flokk har vokst ved at flere produsenter er blitt kjøpt opp. I 2020 hadde FLOKK fabrikker i Kina, USA, Sveits, Latvia, Polen, Sverige og i Norge. (FLOKK, 2020) Fabrikken i Norge er plassert på Røros og produserer merkevaren HÅG. Fabrikken har også en mekanisk avdeling som leverer komponenter til andre fabrikker i konsernet.

Problemstilling

Oppgaven omhandler en komponent som benyttes i torsjonsmekanismen i kontorstoler. For å feste torsjonsfjæren til holderen blir det i dag benyttet to metoder. På de største volumene benyttes en løsning fra FELSS. Denne metoden går ut på å deformere enden av holderen(rør) til samme form som fjæren. I de høyest belastede stolene blir en sveiset løsning med en innsats benyttet, denne løsningen er vist i figur 1 og 2. Flokk sitt forslag er å benytte denne løsningen i alle variantene. Men andre alternativer bør også vurderes. Oppgaven går ut på å finne en sterk og kostnadseffektiv måte å feste torsjonsfjæren til røret.



Figur 1: Komponentene som brukes i dag



Figur 2: Rør og innsats før sveising

Hensikt

Prosjektet hensikt er å redusere produksjonskostnader ved å undersøke mulighetene til en rimeligere produksjonsmetode for et eksisterende produkt. Produktet er et gammelt design som ble utviklet og produsert av Ring Mekanikk. Flokk produserer i dag mekanismen selv og ønsker å undersøke om det finnes bedre produksjonsmetoder. Dette på bakgrunn av at produksjonsutstyret er gammelt og slitt, som medfører økte vedlikeholdskostnader. Samtidig så faller produksjonsvolumet fordi nyere stolmodeller tar over markedsandeler. I dag er blir det årlig produsert ca. 82 000 fjærholdere.

Kontorstoler

Kontorstoler er satt sammen av mange komponenter. Figur 3 viser hvordan stolene i grove trekk er bygd opp, de viktigste delene er navngitt.

Imellom sitteputen og gassliften er beslaget montert. Beslaget har mange funksjoner/egenskaper. Det binder sammen gassliften med sitteputen, og holder ryggen på plass.

Vippemekanismen er en del av beslaget, ofte er det mulig å justere vippemotstanden og låse bevegelsen. Det er vanlig å bruke enten trykkfjærer, skruefjærer eller torsjonsstaver i vippefunksjonen.

Torsjonsstaver er ofte brukt, fordi de gjør det mulig å lage et slankt design, de er enkle å justere, og har lang levetid. (Lie, 1992) I RH Logic (figur 3) ligger fjæren inne i et rør i baslaget. Prinsippet beskrives i neste avsnitt.

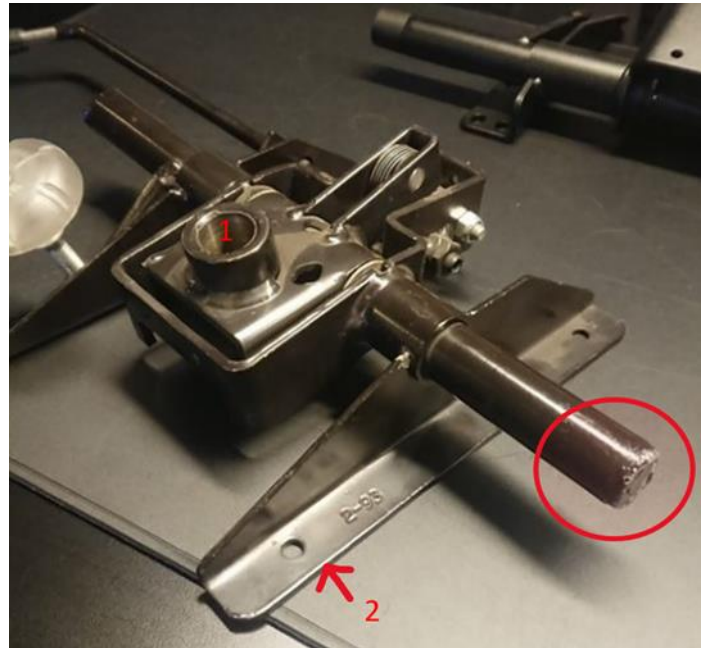


Figur 3: Kontorstol, RH Logic (FLOKK, 2022)

Setebeslag

Bildet til høyre vises et setebeslag (figur 4). På beslaget er det sveiset fast en konhylse (1), i denne festes en gasslift. Sitteputen er montert på flaten som ligger ned mot bordet (2).

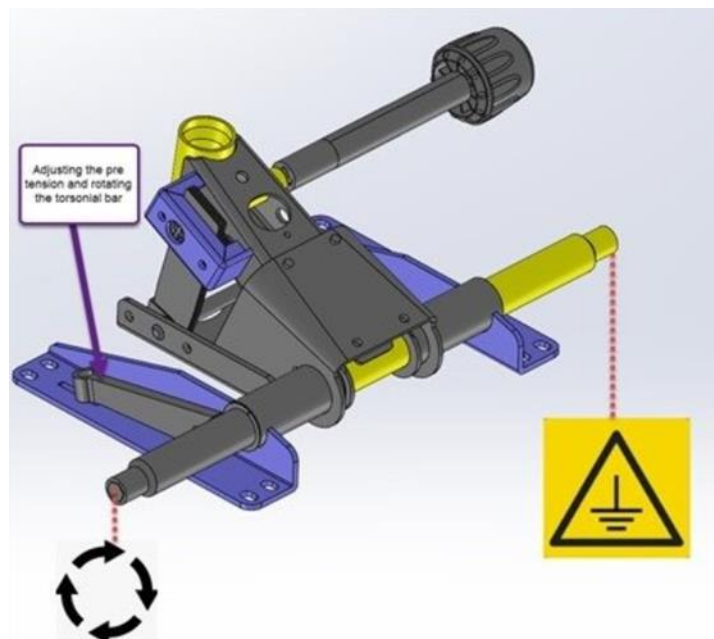
Denne oppgaven handler om innfestingen av torsjonsfjæren, vist med rød ring. Inne i røret er torsjonsfjæren som brukes i vippefunksjonen.



Figur 4: Setebeslag med sveiset fjærholder

Prinsipp

Figur 5 illustrerer prinsippet. Røret som ligger rundt fjæren er delt i to (grå og gul del). Torsjonsstaven står gjennom begge, og blir fastholdt til rørene i begge ender. Den andre enden av det gule røret er festet mot gassliften (gul innfestning). Det grå røret er festet til øvre del av beslaget. De to rørene blir vridd i forhold til hverandre under vipping, det oppstår da torsjonsspenninger i fjæren.



Figur 5: Prinsipp beslag med torsjonsstav

Forutsetninger/begrensinger

En begrensning i dette prosjektet er at vi isolert ser på sammenføyningen mellom fjær og rør. Røret skal i neste steg sveises fast til resten av mekanismen. Dette prosessen skal også oppgraderes, men er ikke en del av dette prosjektet.

Prosjektet tar i hovedsak for seg den mekaniske konstruksjonen. Sensorteknikk og styringssystem er holdt utenfor. Det vil heller ikke bli utviklet et ferdig konsept for magasinering.

Løsningsprosess

Solidworks

For å simulere og å lage 3D-modeller er SolidWorks benyttet. SolidWorks er en DAK/CAD-programvare. En stor fordel med å lage en 3D-modell er at den raskt kan modifiseres når feil og svakheter avdekkes. Den er også godt egnet til å avdekke disse svakhetene ved at modellen kan visuelt inspiseres.

Verksted

For å teste ulike konsept har vi tilgang til FLOKK sitt verksted på Røros. Begge gruppemedlemmene har fagbrev i mekaniske fag, all maskinering og testing kan derfor selvstendig gjøres av gruppen.

Oppbygging av rapport

Rapporten er bygd opp slik at relevant teori står i sammenheng der den brukes. Rapporten beskriver først metoden som er brukt. Det blir så utarbeidet kravspesifikasjoner, før en rekke mulige løsninger blir vurdert. Så kommer et kapittel med testprosedyrer og resultatet fra testingen.

Videre omhandler rapporten design av maskinkonsept. Her blir rammer og krav listet opp før begrunnelser av valg og forklaringer av tenkt virkemåte.

Rapporten avsluttes med resultat og evaluering av maskinen og prosessen.

Metode

For å skape struktur i arbeidet ble prosjektet delt opp i to deler. I del 1 ble ulike måter å feste fjæren til røret på vurdert. I del 2 var oppgaven å utvikle et konsept for hvordan konseptet fra del 1 kunne tas i bruk til masseproduksjon. Dette ble gjort med å utvikle en maskin som var tilpasset bl.a. volum. Selv om arbeidet ble delt opp, henger valg av sammenføyning og maskin sammen. Det var derfor klare ideer om hvordan maskinen kunne se ut når sammenføyningemetode ble valgt.

For å skape oversikt og sikre fremdrift ble det satt opp en tidsplan med alle viktige deadlines og datoer. Det ble opprettet et dokument for timeregistrering, og en teams-gruppe ble brukt for å samle all dokumentasjon. Denne er tilgjengelig for gruppen og veileder.

1. Sammenføyning

1. Den første fasen i prosjektet handlet om å skape rammene for å kunne vurdere de ulike løsningene. Dette ble gjort ved å utvikle kravspesifikasjoner.
2. I den andre fasen ble en mengde ulike måter å svare på produktkravspesifikasjonen vurdert. Det handlet her både om å være kreativ og å bruke ulike ressurser for å utvide vår kunnskap.
3. I fase tre ble noen utvalgte teknologier testet og resultatene evaluert. Løsningen som svarte best på kravspesifikasjonene ble valgt.

2. Produksjonsutstyr

1. Første fase er idémyldring for hvordan valgt teknologi kan brukes.
2. Fase to er å velge ut et konsept basert på kravspesifikasjonene.
3. Fase tre er detalj utvikling av konseptet. Resultatet etter denne fasen er en 3d-modell der de viktigste prinsippene er modellert.

Kravspesifikasjoner

For å komme frem til produktkravspesifikasjonene ble løsningene FLOKK bruker i dag studert. Det finnes andre produsenter som benytter samme prinsipp, men vi har ikke kunne studert disse løsningene inngående. Dette fordi sammenføyningen som er av interesse for oss ofte er dekket til med et deksel. Dette gjør at vi må ha fysisk tilgang til produktet for å undersøke det. Fordi FLOKK har en løsning som er i bruk, så har de en del erfaringer. I dette prosjektet ble derfor kravspesifikasjonene utviklet med bakgrunn av FLOKK sine krav og ønsker. Disse ble formidlet via e-post og i møter.

Brukerkravspesifikasjon

Dette er brukerkravspesifikasjonene for sammenføyningsmaskinen.

1. Maskinen skal kunne opereres uten belastningsskader på operatør
2. Bør kunne opereres uten spesielt verneutstyr utover standard
3. Maskinen skal kunne betjenes av personell med grunnleggende teknisk forståelse.

Produktkravspesifikasjon

1. Dimensjoner

1.1 Rør

Rørene kappes i 4 forskjellige lengder fra 125mm til 270mm. Ytter diameter er 25mm og veggtykkelse 2,5mm. Maskinen må kunne håndtere alle varianter.

1.2 Form innfestning

Innvendig geometri for innfesting av fjær.

1.2.1 Sekskant

Innvendig sekskant 12.1mm nøkkelvidde. 20mm lengde.

1.2.2 Firkant

Innvendig kvadratisk firkant 10,3mm sidelengder. 16,5mm lengde.

1.3 Utvendig mål

På grunn av deksel, kan ikke utvendig diameter være over 25mm.

2. Styrke

Belastninger på innfestning.

2.1 Styrke

Maksimal torsjonsbelastning er 250Nm

2.2 utmatting

I henhold til NS-EN 1335 skal ryggen testes i 120 000 sykluser.

3. Overflate krav

Overflaten skal være egnet for pulverlakkering.

4. Produksjonsvolum

Samlet volum for alle variantene er 82.000 per år.

5. Økonomi

Produksjonskostnaden skal være under 14kr per stykk (ikke inklusiv rør), den bør være under 8kr. Investeringen i produksjonsutstyr bør være nedbetalt innen ett år.

6. Miljø

Det skal ikke benyttes giftige stoffer, dette gjelder også i produksjonsprosessen.

Teknologianalyse

Her vurderes ulike teknologier som kan benyttes for å feste fjæren til røret.

Sammenføyning

Her vurderes ulike måter å sammenføye rør med innsats.

MAG

Denne metoden blir i dag benyttet til å sammenføye rør og innsats i beslag som opplever store påkjenninger. MAG er benyttet til dette formålet i 30år, dette er en bekreftelse på at metoden har tilstrekkelig styrke. Sveisingen foregår i dag manuelt, men en ulempe som oppleves er at råkhøyden kommer over rørdiameteren. Det er et designkrav at diameteren ikke blir større en røret. I dag blir derfor sveisen slipt ned etter sveising for å få denne innenfor spesifikasjon. Dette medfører at kostnadene øker. Men det kan være mulig å trimme denne metoden, slik at det ikke blir behov for sliping.

Metoden er egnet for automatisering, og er mye brukt i industrien. Det er godt egnet til store produksjonsvolum. En ulempe er at det blir en del sveisesprut, som fester seg på komponenter og utstyr.

TIG

Denne sveisemetoden har tilnærmet ingen sveisesprut og er godt egnet til automatisering. Prosessen kan gjøres med eller uten tilsatsstråd. Om man tilsetter tråd får man god styrke, men risikerer å få for stor råkhøyde.

Uten tilsats får sveisen lavere styrke, men den bygger ikke utenfor rør diameteren.

Om sveising uten tilsats viser seg å ha tilstrekkelig styrke, er dette et gunstig alternativ. Fordi det er vanskelig å beregne innbrenning og dermed styrke er det ønskelig å teste dette. Om styrken viser seg å være tilfredsstillende får man en rimeligere løsning fordi man kan benytte simplere sveiseutstyr og unngår tilsats.

Friksjon

Friksjonssveising blir tradisjonelt brukt til buttsveising, men kan være en mulig metode også i vårt tilfelle. Tanken er at innsatsen trykkes inn i et rør med presspassning mens den roteres, eller at røret klemmes sammen samtidig som innsatsen roterer. Dette må skape nok varme til at materialene sveises sammen.

Motstandssveising

Motstandssveising blir brukt til sammenføring av plater, opp til 6mm. (SubsTech, u.d.) Røret har en tykkelse på 2mm, så det skal være mulig å bruke denne metoden. Metoden er utbredt i industrien og kan være effektiv. Å teste denne metoden krever konstruksjon av utstyr som gruppen ikke har kompetanse eller tilgang til.

Laser

Laserteknologien har i dag blitt mye rimeligere enn tidligere, og kan være et alternativ. Demonstrasjon av en håndholdt enhet viser at dette gir pene sveiser som ikke får veldig stor råkhøyde. Det er derfor mulig at denne metoden kan brukes med tilsatstråd, uten at det er behov for sliping i etterkant.

Lodding

Lodding er sammenføring av materiale med tilsatstråd av annet materiale, med lavere smeltetemperatur. Metoden er mye brukt til sammenføring av rør, grunnet at kapillær-effekten gir god fordeling av tilsatsmateriale i spalten.

Denne metoden krever tilsatsmateriale, og oppvarmingen er energikrevende. Metoden krever også rengjøring. Metoden kan gi god styrke, opp til 800N/mm² (Castolin Norge AS, u.d.)

Anaerobe fastsettningsvæsker

Liming og bruk av anaerobe fastsettningsvesker har blitt mer og mer vanlig i industrien. Dette alternativet krever god rengjøring av delene, og kan derfor føre til økt kjemikaliebruk. Vi kommer ved beregning til å ta utgangspunkt i Loctite sitt sortiment. En Oversikt finnes på denne siden:

<https://www.henkel-adhesives.com/no/en/products/industrial-adhesives/retaining-compounds.html>

Beregningene under viser at Loctite 638 har tilstrekkelig kapasitet når belastningen er statisk, men ikke når det er dynamiske belastninger.

For torsjonsbelastning: $T = A \cdot \tau_{B2} \cdot D/2 \cdot f_c$

A er arealet til kontaktflaten $A = \pi \cdot 20 \cdot 16 = 320\pi [mm^2]$

τ_{B2} er skjærfastheten: Verdien for Loctite 638 er $29 \frac{N}{mm^2}$ ved 22°C etter 7dager.

f_c er korreksjonsfaktor:

$f_1 = 1$ (karbonstål)

$f_2 = 1$ (klaring på 0.05)

$f_4 = 0,9$ (overlappingsforhold, tabell)

$f_5 = 1$ (romtemperatur)

$f_6 = 0,3$ (dynamisk belastning)

$$f_c = 0,27$$

$$\text{Dynamisk belastning: } T = 320\pi \text{ mm}^2 * 29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * \frac{20\text{mm}}{2} * 0.27 = 79715\text{Nmm} \approx 80\text{Nm}$$

$$\text{Statisk belastning: } T = 320\pi \text{ mm}^2 * 29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * \frac{20\text{mm}}{2} * 0.9 = 262386\text{Nmm} \approx 262\text{Nm}$$

Presspasning

Press forbindelse er en måte å sammenføre komponenter kun ved bruk av kreftene som oppstår p.g.a. dimensjonsforskjeller. Røret og innsatsen er godt egnet til denne typen sammenføring. Pressforbindelse krever smale toleranser, i dag blir innsatsen ekstrudert og røret blir varmvalset og sveiset. Dagens produksjonsmåter gjør at rørene må maskineres for at presspasning kan benyttes. Dette gjør at kostnadene øker drastisk, utstyret for å presse/krympe delene sammen kan lages relativt rimlig.

Tabellene under viser hvordan toleransene er gitt i dag.

Tabell 1: Toleranser rør

Beskrivelse	OD	toleranse OD	t	toleranse t
Rør	25	$\pm 0,1$	2,5	$\pm 0,1$

Tabell 2: Toleranser innsats

Beskrivelse	OD	toleranse OD
Innsats	20	$\pm 0,08$

Tabell 3: Ekstremalverdier komponenter

Beskrivelse	Minste mål	Største mål
Rør innvendig	19,7	20,3
Innsats	19,92	20,08

Tabell 4: Pasninger rør og innsats

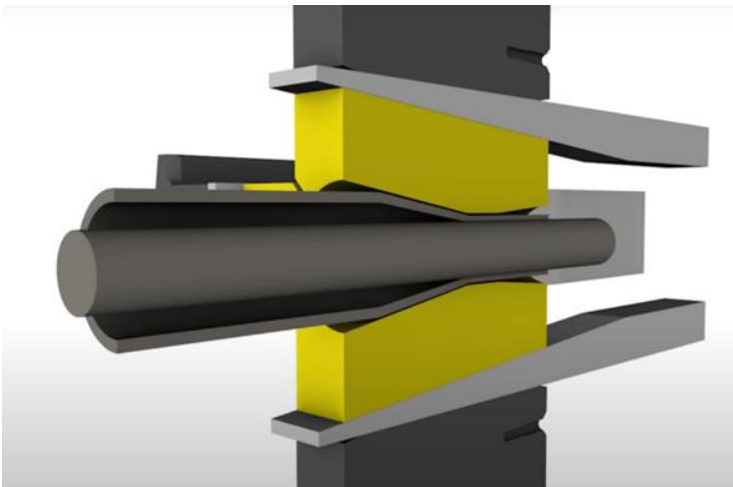
Beskrivelse	Verdi
Største pasning	0,38
Minste pasning	-0,38

Fastspennig av fjær vha form

FELSS

Dette er metoden som er mest utbredt i dag, tidligere ble denne produksjonen gjort av bedriften selv. Maskinen ble tatt ut av drift da den ikke lenger var økonomisk å holde i drift, grunnet omfattende vedlikeholdsbehov. I dag produseres disse av FELSS.

Metoden er en kaldformingsmetode og fungerer på den måten at enden av røret blir klempt sammen og deformert rundt en dor med ønsket form. Dette gir en produksjonskostnad på 8Kr per rør, men kostnaden for verktøyet er holdt utenfor. En ulempe med denne metoden er at den ikke er sterk nok til bruk i de høyest belastede beslagene (reclinere).



Figur 6: Modell av FELSS formeverktøy(KILDE)



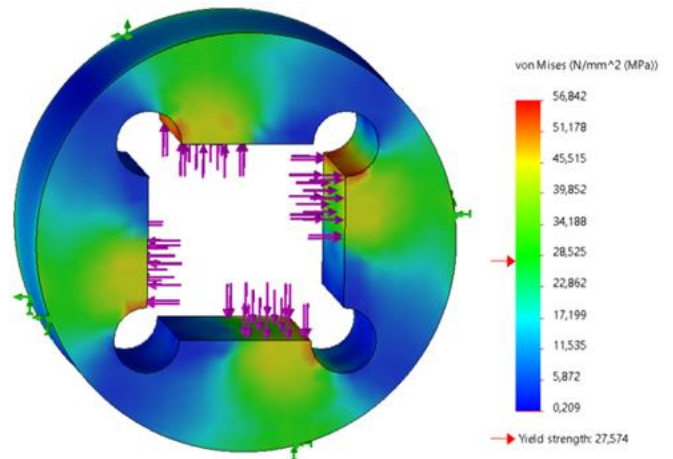
Figur 7: Rør som FELSS har formet

Firkant, med/uten støttehylse

Det finnes i dag en variant der armlenene festes utvendig på røret der fjæren er innfestet. Røret er da formet som i figur 8. Fordi armlenene bidrar til å holde røret sammen, kan det overføres større moment mellom fjær og rør. For å kunne benytte samme formede rør på flere stolmodeller, kan den forsterkes med en utvendig støttehylse. Denne vil da erstatte plast hetten som benyttes i dag for å dekke enden. Fordi det er ønskelig at hetten skal være tett i enden av estetiske grunner, er støpning av aluminium en mulighet. Det er av designmessige grunner begrenset hvor stor ytterdiametere kan være. En Simulering ble gjennomført på en ring med ytterdiameter på 32mm, laget i aluminium. Testingen viste at det formede røret uten støtte tålte 170Nm. For at de sammenstilt skal tåle 250Nm ble det simulert en belastning på 80Nm på ringen. Denne analysen viste at den simulerte ringen har for lav styrke, på grunn av for høyt flatetrykk. Men det er mulig å ta i bruk konseptet ved å bruke et annet materiale. En ulempe med denne metoden er at den kun kan benyttes på variantene med firkantet fjær, dette gjør at den ikke fullstendig kan erstatte dagens løsning. Denne løsningen blir derfor ansett som mindre egnet i forhold til å bruke en innsats.



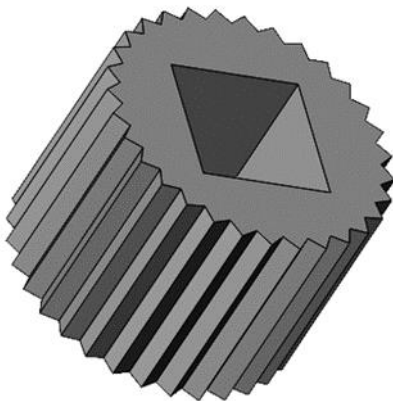
Figur 8: Rør deformert til firkant



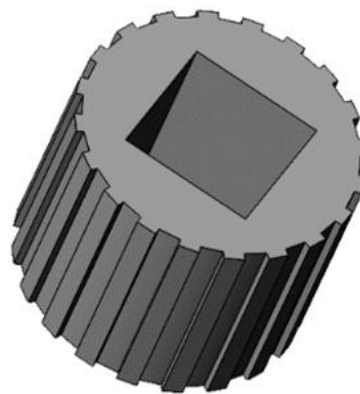
Figur 9: Resultat av simulering av støttering(Von Mises)

Innsats med utvendig form for innpressing i rør

Dette konseptet bruker en endring i utvendig form på innsatsen for å feste den til røret. Innsatsen skal da presses inn i røret, og gi tilstrekkelig styrke mot rotasjon slik at annen sammenføyning er unødvendig. Leverandøren må da endre ekstruderingsverktøyet, eller så må rillene påføres i en senere prosess. Styrken i røret vil reduseres med denne metoden. Røret som brukes i dag har lite overkytende kapasitet, det må derfor sannsynligvis brukes et rør med større veggtykkelse.



Figur 10: Modellert innsats med utvendige riller



Figur 11: Modellert innsats med utvendige riller:

Testing og valg av metode

24-25/2-2022 var vi på verkstedet hos FLOKK AS for å teste ulike metoder.

Fra teknologianalysen ble noen utvalgte metoder testet. Dette var: presspassning, presspassning med anaerob fastsetting, anaerob fastsetting, pressveising, hardlodding, MAG og TIG. Metoder som var ønskelig å teste, men som ikke var mulig på grunn av utstyrsmangel er: friksjonssveising, motstandssveising og laser.



Figur 12: Testrigg, med momentforsterker og momentnøkkel

Etter sammenføyning, ble styrken til alle sammenføyningene testet med statisk vridningsmoment. Rørene ble festet i en skrustikke ved at en firkantprofil ble sveiset på. Det ble så påført et stegvis økende moment med en momentnøkkel. For å teste med moment over 320Nm, ble det benyttet en momentforsterker(gir).

Testen ble gjennomført på denne måten:

Sammenføyningene ble testet ved at et moment ble påført med en momentnøkkel.

Det minste momentet som ble påført var 60Nm, dette ble gradvis økt i intervaller på 10Nm.

Testen blir avsluttet når innsatsen løsner, eller når et moment på 400Nm er oppnådd.

Evaluering

De forskjellige sammenføyningsmetodene ble vurdert etter de viktigste kriteriene fra produktkravspesifikasjonene. Det er et absolutt krav til styrke, derfor er det bare variantene som besto styrketesten opp til 250Nm, som ble vurdert i denne fasen.

De ulike metodene ble vurdert på en poengskala fra 1 til 6 for hver av de 5 viktigste kriteriene.

- **Pålitelighet**

Det ønskelig med en robust løsning som takler variasjoner i produksjonsforhold.

- **Kjent teknologi**

Det er en fordel om FLOKK har kunnskap og erfaring med Produksjonsteknologien. Flokk sin fabrikk på Røros har en mekanisk avdeling som produserer stålkomponenter til kontorstoler. Hovedområdene til avdelingen er stansing og forming i presselinjer i tillegg til sveising. Innen sveising brukes MAG i manuell sveising, og i robotceller. TIG brukes kun i manuelle sveisestasjoner.

- **Kostnad**

Hovedformålet med prosjektet er å redusere produksjonskostnadene for å tilpasse produksjonen til et lavere volum. Dagens produksjon er på 82 000 i året.

- **Masseproduksjon**

Metoden bør være egnet til å produsere nødvendig volum effektivt.

- **Miljø**

Materialforbruk og giftige stoffer

Anaerob fastsetningsvæske

For å teste anaerobfastsetningsvæske ble Loctite 638 benyttet. Dette produktet ble valgt fordi Loctite er markedsledende på anaerobefastsetningsvæsker, og at produktene deres er kjente og lett tilgjengelige. Ulike produkter ble sammenlignet, og Loctite 638 ble valgt. 638 kombinerer høy styrke, med fyllingsevne for større klaringer. For å sikre tilstrekkelig herdetid ble delene montert en uke før de ble testet. Komponentene ble grundig rengjort med bremserens før påføring av Loctite 638. Klaringen mellom komponentene var 0.05mm, med noe variasjon pga. urundhet.

Etter sammenstilling til en større mekanisme blir røret lakkert med pulverlakk. I herdeprosessen blir komponentene varmet opp til 180°C i 2timer. Dette gjør at styrken reduseres, men den gjenvinnes etter avkjøling.

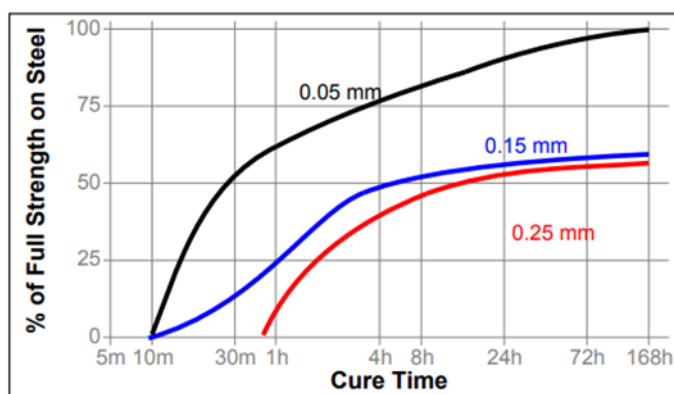
Testresultatet ble 310Nm, dette er høyere enn våre beregninger på 262Nm.

Testresultatet kan være høyere fordi ruheten til overflaten er forskjellig fra referanseoverflaten, grovere overflate gir høyere styrke. Det er også mulig at Loctite garanterer 29N/mm², men at det reelle tallet i noen tilfeller er høyere. Hvis løsningen hadde vært aktuell, hadde det vært behov for flere tester. Dette for å verifisere testresultatet, og for å sjekke hvordan ulike variabler som klaring, rengjøring og ruhet påvirker styrken

Utfordringer

Størst mulige klaring mellom komponentene med dagens toleranser er 0.38mm (tabell 4). Dette gjør at styrken reduseres med mer enn 50%, se figur.1. Denne løsningen er derfor avhengig av trangere toleranser i produksjon av rør og innsats. Dette kan gjøres ved bestilling av emnene, eller ved å maskinere komponentene før montering. Begge disse alternativene øker kostnadene betydelig for Loctite alternativet.

Den største utfordringen med denne løsningen er at den har lav motstand mot dynamisk belastning. Beregnet styrke mot dynamisk belastning er 80Nm, dette gjør løsningen for svak. En kombinasjon av Loctite og presspasning gir ikke tilstrekkelig styrke mot vridning.



Figur 13: Sammenheng mellom klaring, herdetid og styrke for Loctite 638 (Loctite, 2013)

Vurderingen er derfor at Loctite er uegnet til dette formålet, hovedsakelig pga. lav kapasitet mot dynamiske belastninger. Alternativet krever også trange toleranser i emnene, grundig rengjøring, og har ikke full styrke før etter 168timer.

Tabell 5: Poeng Loctite

Vurderingskriterie	Begrunnelse	Poeng	Vekting
Pålitelighet	Følsom for forurensing og variasjoner i toleranser	2	20 %
Kjent teknologi	Brukt til andre formål	3	10 %
Kostnad	stor usikkerhet	4	30 %
Masseproduksjon	Krever kontroll av prosessen	3	20 %
Miljø	Kreves liten mengde per enhet, krever verneutstyr, kjemikalier til rengjøring	4	20 %
Vektet totalsum		3,3	

Pressveising

For å teste denne metoden, ble det laget et pressverktøy for bruk i verkstedpressen. Verktøyet besto av en konisk ring, og tre koniske klembakker. Verktøyet bruker kile-prinsipp for å klemme røret sammen. Det ble montert tilkobling for dekk-gass. Maskintegninger av verktøyet finnes i vedlegg.



Figur 14: Pressverktøy for testing av pressveising

Prosedyren er som følger; innsatsen blir montert inn i røret. Røret og innsatsen settes ned i verktøyet slik at det stikker 3 cm over kanten. Røret holdes i denne posisjonen med en skrue. Dekkgassen settes på om det skal brukes i forsøket. Røret og innsatsen varmes så med oksygen-acetylen-brenner til det får ønsket temperatur, holdeskruen løsnes og røret presses ned på høyde med press-bakkene og disse presses i sin tur plant med toppen av verktøyet. Røret kjøles ned noen sekunder, samtidig som det er

under press. Prøven er nå sammenføyd, og vi tar den ut av verktøyet, setter den på benken og lar den kjøle seg ned til romtemperatur.

Alle testene av pressveising gir en sterk sammenføyning som besto hele testen (til og med 400Nm). Forsøkene viser at vi får en sveis med god styrke uavhengig av dekkgassen. Dette gjør prosessen mindre komplisert og rimeligere. Forsøkene viste også at det ble et oksidbelegg i en større sone på yttersiden av røret. For å få godt underlag for pulverlakken må oksidbelegget fjernes eller unngås. Det ble prøvd å øke mengden dekkgass for å unngå glødeskall, men dette hadde liten innvirkning. Dette kan komme av at en stor del av dekkgassen er på innsiden av røret. I en produksjonsprosess, kan løsningen være å gjøre hele oppvarming og presseprosessen i dekkgass eller vakuum.

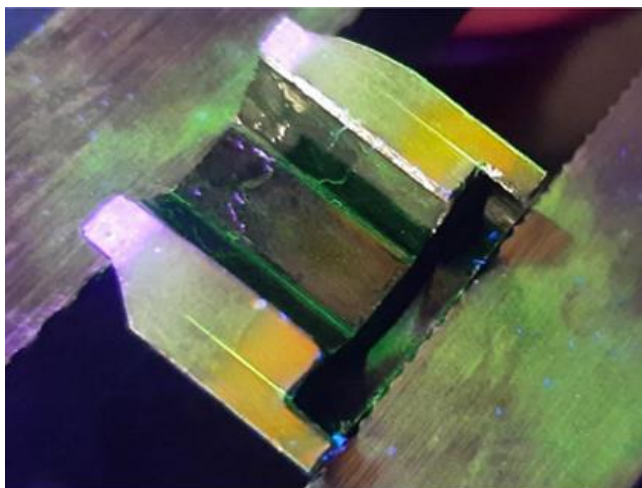
I Presseprosessen ble røret presset sammen 0,5mm, dette gjorde at den innvendige diameteren ble redusert så mye at fjæren ikke fikk plass. Et mulig tiltak for å unngå dette er bruke mothold inne i innsatsen. Men et alternativ som er induksjonsvarming, det er mulig at innsatsen da hadde blitt mer lokalt oppvarmet i ytterkant. Det er dermed mulig at den har nok styrke mot senter til å stå imot trykket.

Tabell 6: Poeng pressveising

Vurderingskriterie	Begrunnelse	poeng	vektning
Pålitelighet	Gir sterk sammenføyning under alle forhold	6	20 %
Kjent teknologi	Ikke kjennskap	1	10 %
Kostnad	lav stykkpris, krever ekstra operasjon før lakkering	4	30 %
Masseproduksjon	Godt egnet	5	20 %
Miljø	kun energiforbruk	5	20 %
Vektet totalsum		4,5	

TIG

Et usikkerhetsmoment ved TIG-sveising uten tilsats er at det er ukjent hvor stort α -mål som kan benytte i beregninger. Dette er av interesse å finne ut av. For å dokumentere dette, ble det sveiset en prøve manuelt. Prøven ble lagd slik at det er ulike størrelse på smeltesonen, for å se etter forskjell i innsmeltning ved forskjellig temperatur. Dette er vist i figur 15, den øvre siden har større smeltesone. Prøven ble så sagt på tvers, og slipt slik at vi fikk et glatt tverrsnitt. Det ble så gjennomført en magnetpulvertest for å få et bilde på hvor dyp innsmeltningen var. Resultatet er at styrken er god på begge sidene og at sveisen ikke vil være det svakeste punktet.



Figur 15: Oksidbelegg som sprekker, sveiset med TIG



Figur 16: Tverrsnitt som viser innbrenning

På neste prøve, ble det laget en liten sveisejigg for å simulere automatisert sveising. Sveisepistolene ble holdt stasjonært, mens røret roterte. Denne prøven ble testet for statisk torsjonsmoment. Ved 310Nm begynte oksidlaget på sveisen å sprekke opp. Dette indikerer at materialet blir deformert, men befinner seg fremdeles i den elastiske sonen. Sprekkene i oksidlaget beveget seg stadig lenger inn i røret ved økende moment. Ved 400Nm har det oppstått en tydelig varig deformasjon i røret bak sveisen. Testresultatene viser at sveisen er sterkere enn selve røret. Resultatet underbygget gruppens teori om at delen har tilstrekkelig styrke.

Under refleksjon etter testen ble ulike årsaker til at det oppsto et oksidlag laget på røret vurdert. Den mest sannsynlige årsaken er at det ikke er benyttet tilstrekkelig mengde dekk-gass. Det bør være mulig å unngå at oksidbelegget oppstår, hvis ikke er kan det bli behov for å fjerne det før lakkering.

Samlet vurdering er at TIG er en godt egnet metode. Kostnadene reduseres når det ikke er nødvendig med tilsatstråd. Dekkgass og strøm er de største utgiftene under bruk. Metoden er etablert anerkjent og godt egnet for automatisering.

Tabell 7: Poeng TIG

Vurderingskriterie	Begrunnelse	poeng	vektning
Pålitelighet	Gir en sterk og pålitelig sammenføyning	6	20 %
Kjent teknologi	Bruker manuell TIG i dagens produksjon	5	10 %
Kostnad	Dekkgass, utvikling av maskin	4	30 %
Masseproduksjon	Godt egnet	5	20 %
Miljø	Energiforbruk, gass	5	20 %
Vektet totalsum		4,9	

Slaglodding

Sammenføyningen ble gjort med sølvlodd og oksygen-acetylen brenner med sveisebend. Prøven ble avkjølt og testet. Røret ble kraftig oksidert, det kreves etterbehandling før lakkering.

Tabell 8: Poeng slaglodding

Vurderingskriterie	Begrunnelse	poeng	vektning
Pålitelighet	Tåler ikke presspassning, høy styrke	4	20 %
Kjent teknologi	Tidligere brukt i produksjonen	4	10 %
Kostnad	oppvarming, dyr tilsats	3	30 %
Masseproduksjon	Mulig, men krever en komplisert løsning	4	20 %
Miljø	Giftige gasser	3	20 %
Vektet totalsum		3,5	

Presspassning

Mellom komponentene som gruppen hadde tilgang til var det en klaringspassning. Tangen til en M24 12.9 bolt ble derfor neddreid for å teste presspassning. Denne ble tilpasset slik at det ble en hard presspassning. For å få optimal styrke på presspassningen, burde akselen være akkurat så stor at man holder seg innenfor det elastiske området til materialet. Men siden røret er valset tynnplate og har en viss urundhet er dette vanskelig å få til. Boltene ble dreid med et overmål på 0.5mm, dette gjør at flytegrensen overskrides. Beregningene viser at presspassningen skulle holde ca 80Nm, men testen viste at boltene roterte ved mindre enn 60Nm som er den minste verdien på momentnøkkelen som ble brukt. Dette kan skyldes at vi gikk over flytegrensen til materialet, og dermed fikk mindre klemkraft. En annen årsak kan være at den dreide overflaten var for fin.

Fastholding av fjær ved formendring av røret

Denne kategorien inneholder to av metodene som er i bruk i dagens produksjon. FELSS-metoden som klemmer røret rundt en dor som har samme formen som fjæren. Denne metoden har ikke tilstrekkelig styrke for modellene med størst belastning. Dette gjelder også for metoden der man klemmer røret til en firkant. Om man skal bruke en slik metode, må det gjøres tiltak for å øke styrken. Dette kan gjøres ved for eksempel å bruke et mer tykk-vegget rør eller en kappe i stål som klemmer røret sammen. Et alternativ kan også være å fastholde innsatsen med form. Innsatsen kan ha en utvendig form med kanter som presses inn i røret, eller innsatsen kan ha en flat side som røret blir deformert til å klemme mot.

Tabell 9: Poeng deformering av rør

Vurderingskriterie	Begrunnelse	poeng	vektning
Pålitelighet	Gir sterk sammenføyning under alle forhold	6	20 %
Kjent teknologi	Ikke kjennskap	1	10 %
Kostnad	lav stykkpris, krever ekstra operasjon før lakkering	4	30 %
Masseproduksjon	Godt egnet	5	20 %
Miljø	kun energiforbruk	5	20 %
Vektet totalsum		4,5	

MAG

MAG sveising brukes i dag for å sammenføye innsats og rør i de høyest belastede mekanismene. Dette er derfor en kjent metode. MIG gir en sammenføyning med høy styrke og lang levetid. Den største ulempen med metoden er at høyden på sveisen må slipes ned i ettertid. Dette gjør at kostnadene øker betydelig. MIG er godt egnet til formålet, testen viste gode resultater. Dette er i samsvar med våre forventninger da metoden brukes i dag.

Tabell 10: Poeng MAG

Vurderingskriterie	Begrunnelse	poeng	vektning
Pålitelighet	Gir en sterk og pålitelig sammenføyning	6	20 %
Kjent teknologi	Brukes i dag	6	10 %
Kostnad	Dekkgass, tilsats og utvikling av maskin. Krever ekstra operasjon	3	30 %
Masseproduksjon	Godt egnet, sveisesprut	5	20 %
Miljø	Forbruk av tilsats og dekk-gass	4	20 %
Vektet totalsum		4,5	

Resultater

Tabell 11: Testresultat

Metode	Testmoment	Kommentar
Presspassning	< 60 Nm	Løst før utslag på momentnøkkel
Presspassning med Locktite 638	170 Nm	Mulig dårlig rengjøring eller for fin overflate
Locktite 638	310 Nm	I snitt 0.05mm klaring mellom komponentene
Hardlodning	>400 Nm	Besto hele testen
TIG uten tilsats	>400 Nm	Besto hele testen
MAG	>400 Nm	Besto hele testen
Deformert til firkant	170 Nm	Utvidet til 11mm
Deformert til firkant + TIG	150 Nm	Utvidet til 10,5mm
Deformert til firkant + MAG	190 Nm	Utvidet til 10,8mm
FELS sekskant	265 Nm	Deformering av sekskant
Pressveising MED dekk-gass	>400 Nm	Besto hele testen
Pressveising UTEN dekk-gass (varm, nesten flytende, hvit farge)	>400 Nm	Besto hele testen

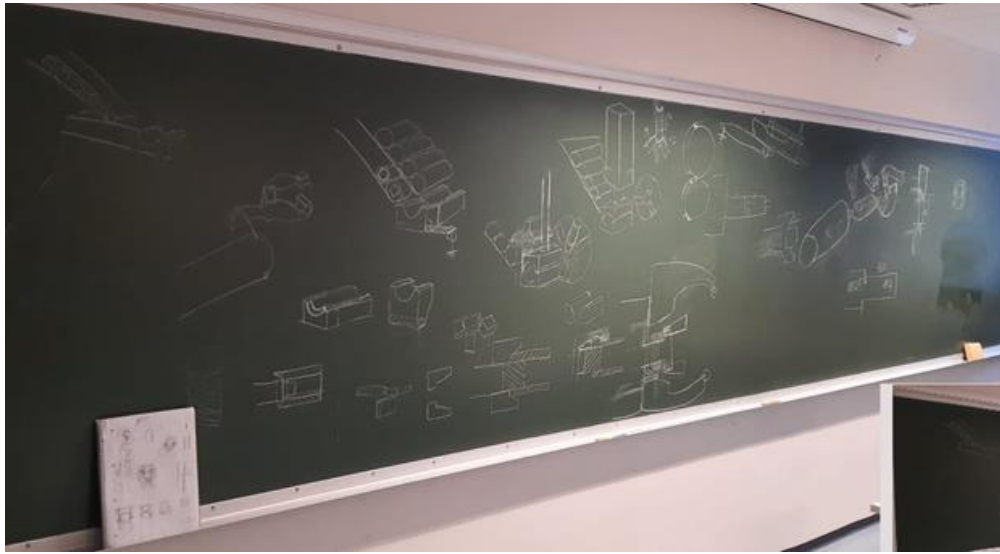
Pressveising UTEN dekkgass (kaldere, orange-gul farge)	>400 Nm	Besto hele testen
Firkantet fjær	320 Nm	Synlig deformasjon av fjæra

Tabell 12: Sammenligning poeng

Sammenføyningsmetode	Poeng
Loctite	3,3
Pressveising	4,5
TIG	4,9
Slaglodding	3,5
MIG	4,5

Etter en samlet vurdering ble TIG valgt, da denne metoden fikk høyest poengsum.

Valgt løsning og detaljdesign



Figur 17: Bilde fra idémyldring

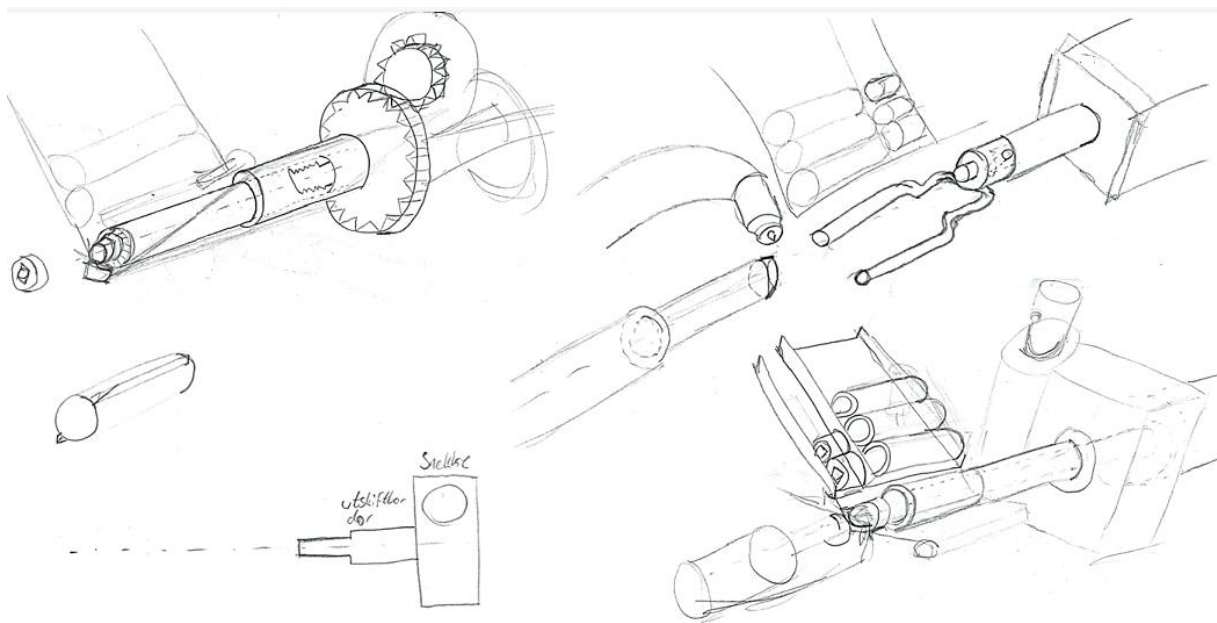
Denne delen startet med En idémyldring der ulike konsept ble vurdert, gruppen bestemte seg så for hovedtrekkene i maskinen, røret bør rotere for å unngå slitasje på slagepakken på sveiseapparatet. En lineæraktuator skal presse innsatsen inn i røret. Det ble så vurdert ulike måter å løse dette på, i figur 16 og 17 er noen av skissene fra denne prosessen vist. Maskinen må dekke kravene satt i

Produktkravspesifikasjonen og

Brukerkravspesifikasjonen. Fordi noen konsept viste seg mindre egnet under detaljkonstruksjonen, ble det en glidede overgang frem og tilbake mellom fase to og tre.

Siden maskinen skal sammenføre rør og innsats er ble det utarbeidet en modifisert produktkravspesifikasjon

Dette har vært en tidkrevende prosess med mye diskusjoner og vurderinger av løsninger. Mange varianter har blitt foreslått, og luket ut på forskjellig grunnlag. Resultatet er et konsept som etter mange vurderinger er forenklet på flere områder.



Figur 18: Bilde fra idémyldring

Produktkravspesifikasjon ved bruk av innsats

1. Dimensjoner og materialer.

1.1 Rør

Rørene kappes i 4 forskjellige lengder fra 125mm til 270mm. Ytter diameter er 25mm og veggtykkelse 2,5mm. Rørene er laget av konstruksjonsstål. Maskinen må kunne håndtere alle varianter

1.2 Innsats

Det er to varianter, maskinen må kunne håndtere begge varianter.

1.2.1 Sekskant

Innvendig sekskant 12.1mm mellom flatene.

Utvendig diameter $\text{Ø}20\text{mm} \pm 0.08$ kappes til 20mm lengde. Materiale S235

1.2.2 Firkant

Innvendig firkant 10,3mm mellom flatene. Utvendig diameter $\text{Ø}20\text{mm} \pm 0.08$

Kappes til 16,5mm lengde. Materiale er S235.

1.3 Utvendig mål

På grunn av deksel, kan ikke utvendig diameter være over 25mm.

2. Styrke

Belastninger på innfestning.

2.1 Styrke

Maksimal torsjonsbelastning er 250Nm

2.2 utmatting

I henhold til NS-EN 1335 skal ryggen testes i 120 000 sykluser.

3. Overflate krav

Overflaten skal være egnet for pulverlakkering.

4. Produksjonsvolum

Samlet volum for alle variantene er 82.000 per år.

5. Sammenføyning

5.1 Komponentene i 1.1 og 1.2 skal sammenføyres i henhold til tegning.

5.1.1 Innsatsen skal stikke ut $5\text{mm} \pm 0,5$. Dette for plassering av sveis.

5.1.2 Sammenføyningen kan ikke overskride ytterdiametere til røret(25mm).

6. Økonomi

Produksjonskostnaden skal være under 14kr per stykk (ikke inklusiv rør), den bør være under 8kr. Investeringen i produksjonsutstyr bør være nedbetalt innen ett år.

7. Miljø

Det skal ikke benyttes giftige stoffer, dette gjelder også i produksjonsprosessen.

Lineære Aktuortyper

Når det kommer til valg av aktuatorer, blir pneumatisk, hydraulisk og elektrisk drift vurdert. Hver av disse har fordeler og ulemper som beskrives i dette delkapittelet.

Pneumatikk

Pneumatikk med komprimert luft som drivende medie representerer en rimelig løsning. Dette fordi komponentene er rimelige i innkjøp og et trykkluftsystem er allerede etablert hos FLOKK. Ulempene

ved slike system er at de produserer en del støy, og sylindere er ikke så presise på stoppunkt. De er derfor best egnet der de sylindere kan kjøres mot stoppere.

I dette prosjektet benyttes pneumatiske sylindere på enkelte av funksjonene, men sylindere som skal presse innsatsen inn i røret krever en presskraft på 5 tonn. Dette vil kreve en sylinder med veldig stor diameter, som igjen fører til et veldig høyt luftforbruk og støynivå. Pneumatikk er derfor uegnet til å presse inn innsatsen.

Hydraulikk

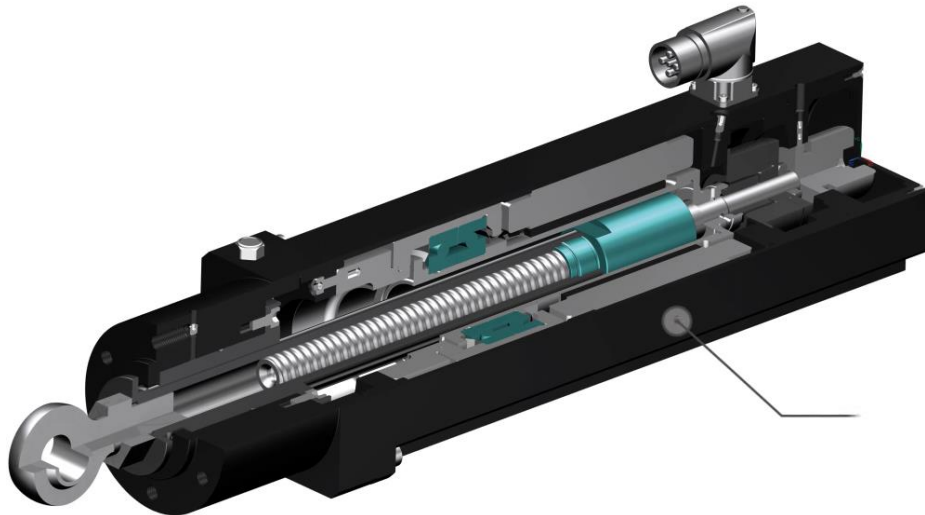
Fordelene med at hydrauliske sylindere er at de har god presisjon og høy kraft, noe som kreves for å presse inn innsatsen i røret. Dette er derfor en kandidat for denne jobben. Løsningen krever et hydraulisk aggregat som kan drive komponentene, og annet tilbehør. Det er derfor en betydelig kostnad å velge dette alternativet. Hydrauliske sylindere er mer presise enn pneumatiske, og er lettere å stanse presist midt i slaget.

Elektriske

Elektriske lineære aktuatorer har fordelen at de er lette å regulere, og henter energi rett fra strømmettet. Utfordringen med slike aktuatorer er presskraften, men det er funnet en leverandør som produserer aktuatorer med tilstrekkelig kraft for vårt formål.

Wittenstein produserer aktuatorer med en innebygd elektromotor som roterer en gjengestang. Denne skrur stempelstangen ut og inn i sylindere. Dette gjør aktuatorens bevegelse er presis og lett å styre.

cyber® force aktuator 165-180 har tilstrekkelig presskraft, god hastighet og nok slaglengde til å presse inn innsatsen.



Figur 19: Gjennomskåret lineæraktuator fra Wittenstein (Wittenstein group, 2016)

	Unit	040-027	100-045	100-090	135-045	165-180	190-165	220-120	220-180
Peak force	kN	2	12	21	20	65	80	100	150
Maximum speed	mm/s	200	300	300	300	300	300	400	400
Motor length	mm	137	324	471	397	794	408	410	507
Stroke	mm	100	140	200	140	400	210	210	280
Flange dimensions	mm	40	100	100	135	165	325	310	310

Tabell 13: Produktvalg Wittenstein (Wittenstein, u.d.)

Valg

For å presse inn innsatsen benyttes den elektriske lineæraktuatoren, fordi dette er en mindre komplisert løsning enn hydraulikk. Hydraulikk trenger flere tilleggssystemer som ventiler og aggregat for virke. I resterende funksjoner er det valgt å benytte pneumatiske aktuatorer, dette på grunn av kostnad.

Maskinen

Det er i hele konstruksjonsfasen lagt vekt på at FLOKK skal kunne produsere maskinen selv. Under er de de viktigste bearbeidingsmaskinene som verkstedet til flokk på Røros har tilgjengelig beskrevet.

Ved valg av materialer er det tatt utgangspunkt i Uddeholm sitt sortiment. Uddeholm er verdens ledende leverandør av verktøystål til industrielle verktøy. Uddeholm ble valgt fordi de har et stort utvalg av ståltyper, og at de er leverandør til Flokk i dag. Maskindeler som er i kontakt med rør eller

innsats bør herdes for å redusere slitasje. De ulike ståltypene krever ulike herdeprosedyrer, det er derfor en stor fordel at Flokk har kjennskap til produktene. Ved å benytte forbehandlede emner reduseres maskineringstiden. Det er derfor i dette blitt prosjektet brukt mest mulig standarddimensjoner.

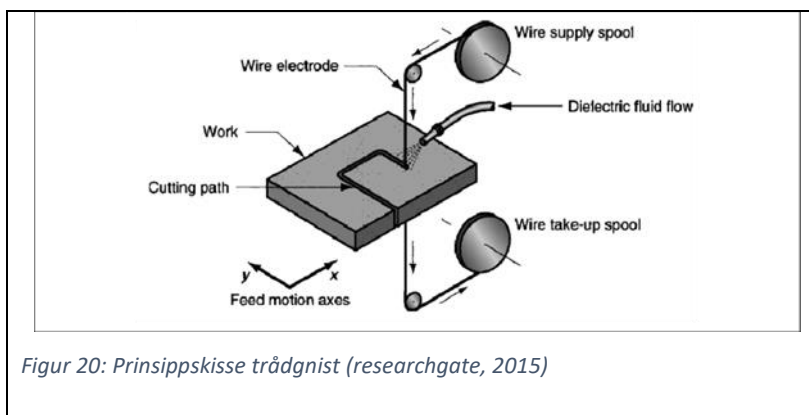
Flokk har et maskineringsverksted som har et utvalg maskiner.

De mest relevante maskinene for dette prosjektet er:

- Dreiebenk
- Plansliper
- 5-akset CNC Fres
- Trådgnist
- Herdeovn

De fleste av disse metodene er konvensjonelle, men trådgnist er en ukonvensjonell bearbeidingsmetode. Gnisting som bearbeidingsmetode er mindre kjent, den blir derfor beskrevet under.

Trådgnisting også kalt tråderodring, brukes av FLOKK hovedsakelig til å fremstille komponenter til stanseverktøy. Denne metoden er godt egnet til å lage konturer inn og utvendig. Den arbeider i 2 akser, men øvre og nedre trådleder kan styres individuelt. Dette gjør at mer kompliserte former, f.eks. slippvinkler kan lages. Ved herding oppstår en viss formforandring, gnisting kan benyttes på ferdig herdede emner. Dette gjør at komponentene oppnår en mer ideell form. På engelsk kalles trådgnisting *wire- Electrical discharge machining*. Metoden er illustrert i figur 20. Avvirkningen av materiale skjer ved en gnist tennes ved overslag mellom emnet og tråden. Dette avvirker materiale på både emnet og tråden. Tråden blir derfor kontinuerlig utskiftet. Hele denne prosessen skjer i et bad av dielektrisk væske. Denne væsken fungerer som en isolator frem til spenningen er så høy at en gnist tennes, videre fungerer den som kjølemedium. Væsken skal også fjerne avvirket materiale fra kutt-spalten. (Kalpakjian & Schmid, 2014)



Oversikt og prinsipp

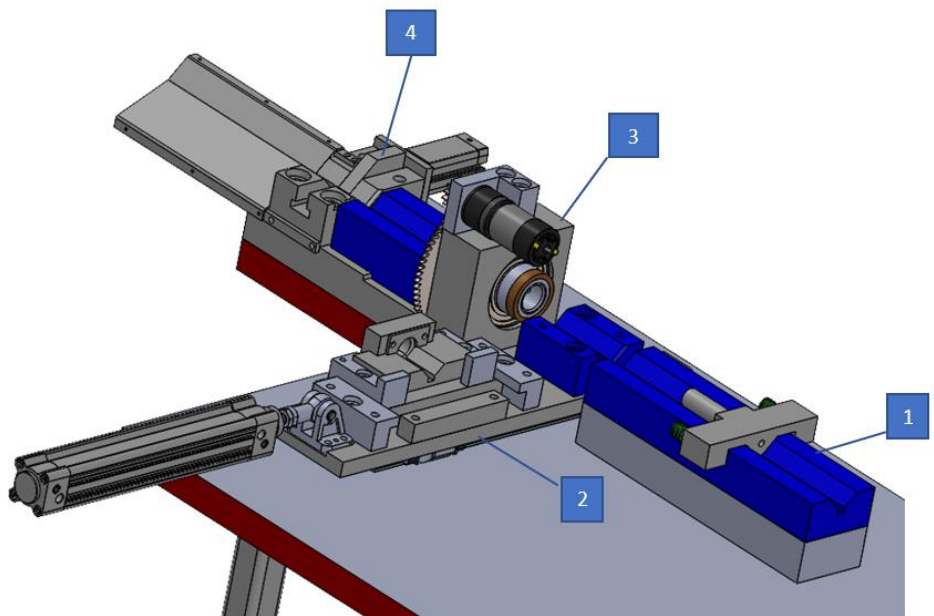
På figur 21 er det vist et oversiktsbilde av maskin-konseptet. Det er valgt å fokusere på innpressing av innsatsen i røret og sammenføring. Magasinering, innkapsling, og armen som holder sveisepistolen er ikke utviklet.

Maskinen fungerer slik:

1. Røret og innsatsen blir lagt i hver sin respektive føring. Skuffen står i bakre posisjon.
2. Pressylinderen skyver røret inn i rotatoren, helt til det treffer stopperen.
3. Pressylinderen trekker seg tilbake. Skuffen går til fremre posisjon
4. Pressylinderen presser innsatsen og entringsmekanismen fremover. Konen på splittringen sentrerer seg på røret, og innsatsen presses inn i røret.
5. Pressylinderen trekker seg tilbake og skuffen går i bakre posisjon.
6. Sveisearmen føres frem.
7. Røret roteres en runde, mens sveisepistolen sammenfører de to delene.
8. Sveisearmen trekker seg tilbake.
9. Stopperen trekkes tilbake.
10. Neste rør mates inn i rotatoren som i punkt 2. dette gjør at det ferdige røret blir matet ut bak stopperen. Når røret har kommet langt nok bakover, vil stopperen gå til fremre posisjon igjen.

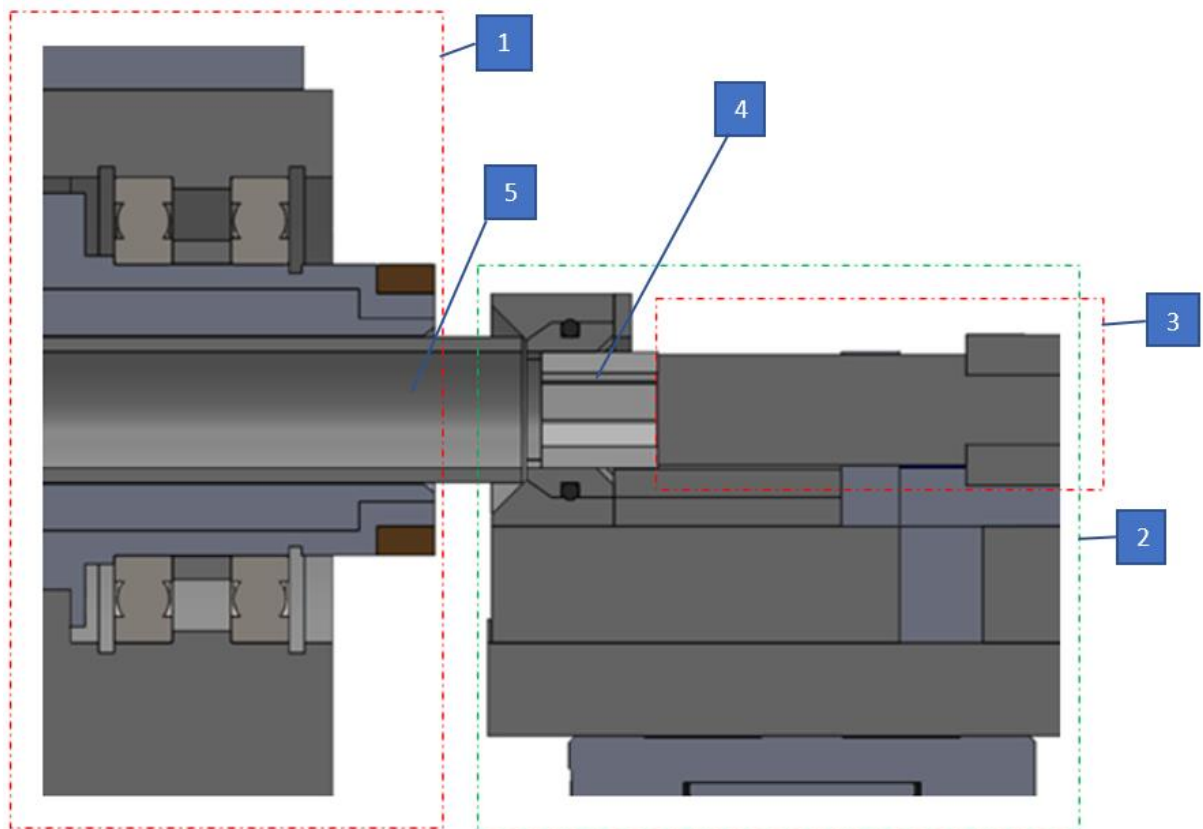
Maskinen deles opp i 4
delsammenstillinger:

1. Innmating
2. Skuffe
3. Rotator
4. Stopp/utmating



Figur 21: Oversikt delsammenstillinger

Under er et tverrsnitt av selve presseprosessen.



Figur 22: Tverrsnitt presseprosess

1. Rotator-sammenstillt
2. Skuffe
3. Presshode-pressylinder
4. Innsats
5. Rør

Magasinerings

Magasineringsen er ikke detaljkonstruert, men for å kunne utnytte kapasiteten til maskinen må dette gjøres. Magasineringsen av rørene er tenkt plassert slik at når ett rør frigjøres faller det ned i skinnen. Det blir så ført inn i rotatoren av press sylindere. Lengden på magasinet skal kunne justeres for å tilpasses ulike rørlengder.

Magasineringsen av innsatsene er tenkt plassert slik at innsatsene slippes ned når skuffen står i bakre posisjon (når røret skyves frem). Her er det ønskelig med et magasin for hver variant. Det produseres en variant til det er tomt for rør, man kan da raskt skifte variant ved at man slipper å tømme innsatsmagasinet.

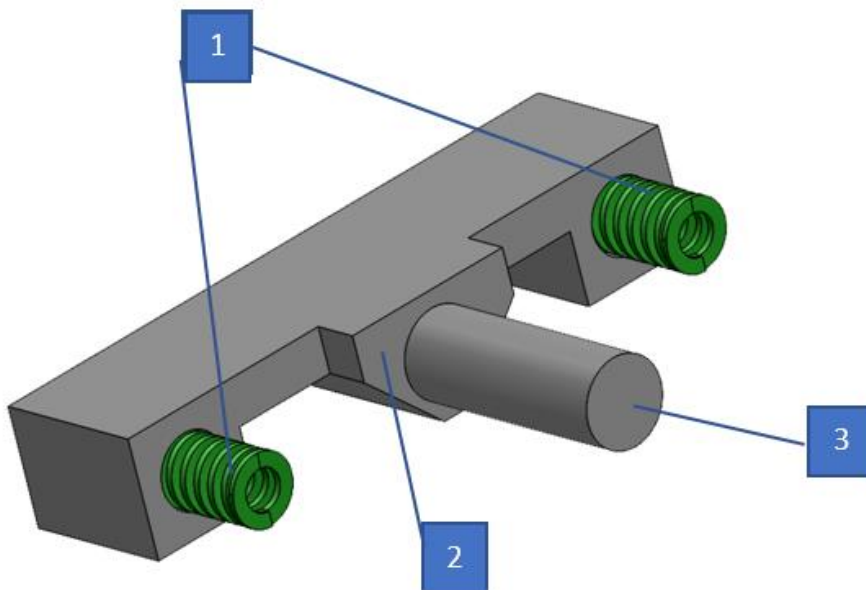
Det er mange muligheter angående utforming av magasinene. Både i forhold til hvordan delene skal komme fram til matepunktet og hvordan disse skal slippe en og en komponent. Skal magasinene kunne behandle alle variantene av komponentene, eller skal det være ett magasin per komponentvariant?

Hvor mange deler skal magasinene romme? Hvor ofte skal de fylles? Dette er spørsmål som FLOKK bør avklare. Det har innvirkning på hvor mye tilsyn maskinen trenger. Dette kan samkjøres med eventuelle andre arbeidsoppgaver operatøren kan ha.

Innmating/pressylinder

Sylinderen som benyttes er Wittenstein cyber force actuator 165-180. Det har ikke lyktes gruppen å skaffe CAD-modell av denne. Det er likevel presshodet som skal festes på sylinderen som er det mest intrikate med denne delen av maskinen. Sylinderen er forholdsvis enkel å lage et feste til når man får mål på dette, det eneste som er viktig er at sylinderen har tilstrekkelig styrke og slaglengde.

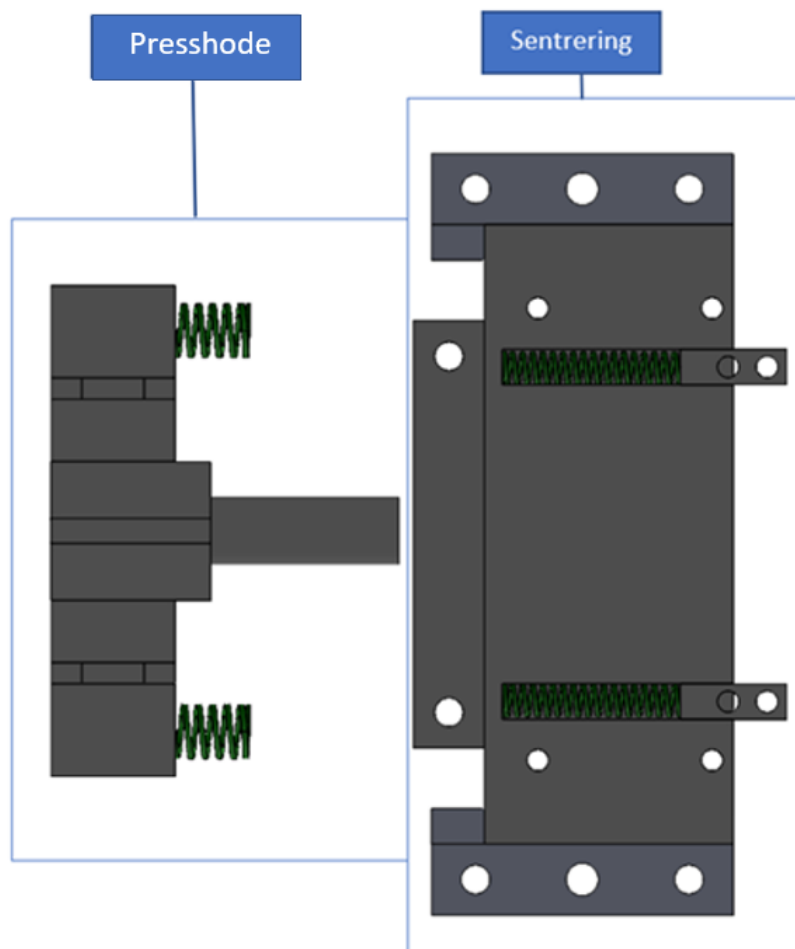
Oppgaven til sylinderen er å føre røret inn i rotatoren, presse sentreringsmekanismen forover og presse innsatsen inn i røret. Det er kommet fram til følgende løsning:



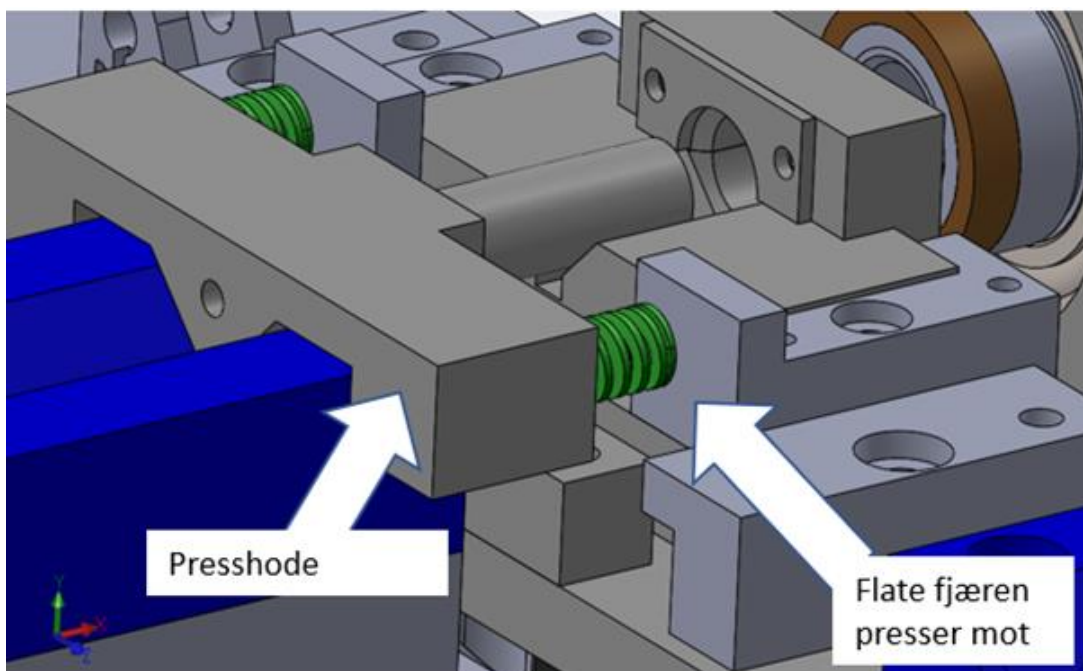
Figur 23: Presshode

1. Disse fjærene treffer sentreringsverktøyet, og presser dette inn på røret.
2. Denne flaten presser røret inn i rotatoren.
3. Denne flaten presser innsatsen inn i røret.

Utfordringen med denne komponenten var å få sentrert innsatsen før den treffer røret. For å gjøre dette uten å sette på en til aktuator, er det benyttet to fjærer. Under sentreringsverktøyet er det to fjærer som sørger for returen. Disse har ca halve fjærstivheten til de på presshodet, og blir dermed komprimert raskere enn de på presshodet. I figur 24 og 25 er dette illustrert.



Figur 24: Fjærer sentreringsverktøy

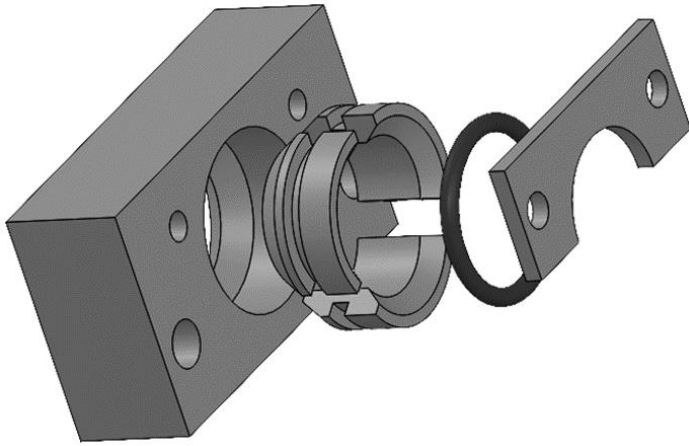


Figur 25: Overføring av kraft fra presshode til sentreringsverktøy

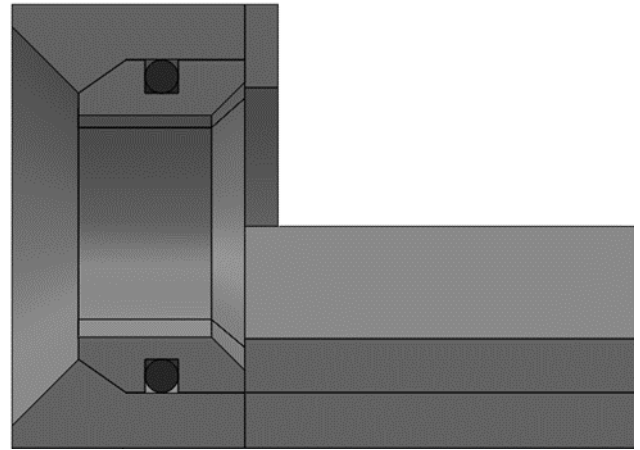
Sentrering

Grunnet variasjoner i dimensjoner på delene, er det behov for noe som sentrerer innsatsen i røret.

Dette er løst ved å bruke en splittring som entres på røret med en kon, og tilpasser seg de variasjoner i dimensjoner som innsatsen kan ha innenfor toleransen den har.



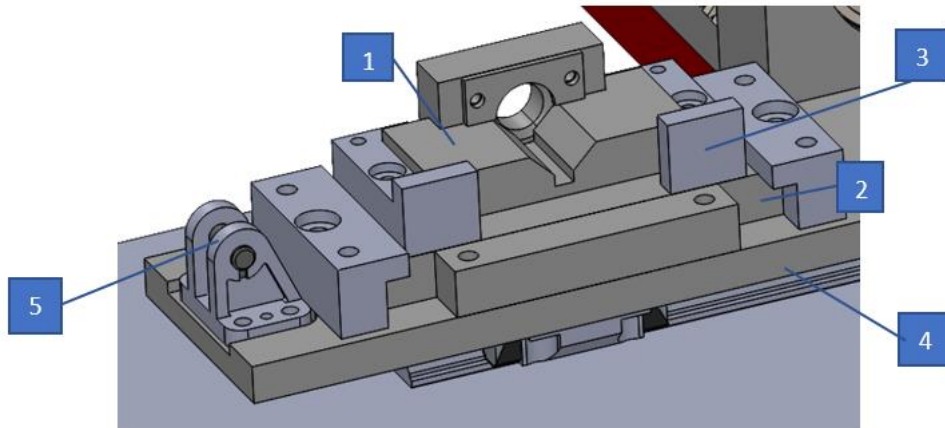
Figur 26: Sprengskisse sentreringsverktøy



Figur 27: Snitt av sentreringsverktøy

Det er litt slingringsmonn i splittringen, men for å ta høyde for at røret kan være litt skjevt i rotatoren, er det behov for at holderen til splittringen kan bevege seg mer. Dette er løst ved å feste splittringen til en enhet som kan bevege seg i tre akser. Dette er vist i figur 28.

1. Denne klossen beveger seg fritt oppover.
2. Denne klossen beveger seg i pressylinder-aksen.
3. På disse flatene presser fjærene på sylinderhodet for å trykke plate 2 frem.
4. Hovedplaten der sentreringen er montert flyttes sidevegs av en luftsylander, festet i en holder(5).
Når sentreringsverktøyet er i bruk vil aktuatoren være trykkløs og dermed kan verktøyet bevegese fritt i aksen på tvers av pressylinder-aksen
5. Sylindarfeste



Figur 28: Skuffe

Rotator

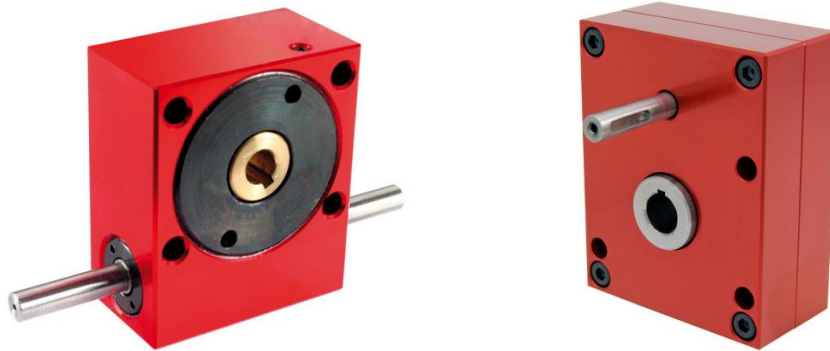
For å sveise et sirkulært tverrsnitt med TIG er to hovedkonsepter vurdert, enten må Sveiseelektroden bevege seg eller så må røret roteres. Konseptet vi valgte å jobbe videre med var rotasjon av røret, dette gir en enklere og rimeligere konstruksjon. Det blir mindre bevegelse i slangepakken, dette fører til lengre levetid og et mindre vedlikeholdsbehov.

Rotasjonsbevegelse

Kravene til rotasjonsbevegelsen var 360° rotasjon, og opplagring av innspenningen til røret. Det er også et børkrav om gjennomgående hull med plass til røret, dette henger sammen med valg av pressløsning. Det kreves en liten kraft for drive røret, det er friksjonen i lager, mot stopper og i jordingen som bremser den. Disse kreftene er så små at de ikke blir beregnet, det er også en utveksling på denne kraften. Valg av motor er derfor gjort med tanke på hastighet. Det er ønskelig med standard industrikomponenter for å senke kostnadene, og redusere usikkerheten ved valgt løsning. Det er derfor undersøkt ulike produkter som er på markedet. Fordi det trengs et gjennomgående hull på minst 25mm, var produktene ofte kraftig overdimensjonerte til vårt formål.

De tre alternativene som sto igjen med til slutt var:

1. Festo sitt pneumatisk drevne rotasjonsbord (Festo, u.d.). Kostnad ca. 10.000NOK Den største fordelene med dette er at vi kan benytte samme styringssystem som vi benytter på pneumatikkylindrene. Det er mer komplisert å regulere hastigheten underveis i sveiseprosessen, når den drives pneumatisk enn med en stepper motor. Det vil også p.g.a. konstruksjonen få en stegvis bevegelse, men dette har liten påvirkning på sveisen.
2. Snekkegir med elektromotor. Disse girene ble veldig store før det var stort nok hull til røret.



Figur 29: Eksempler på snekegir (HPC, u.d.)

3. Egen konstruksjon med elektromotor. I dette alternativet blir konstruksjonen spesialtilpasset til vårt formål. Dette gir en god løsning, men det er også noen ulemper som at:
 - Konstruksjonen ikke er utprøvd.
 - Potensielt høy kostnad.
 - Reservedeler må spesial produseres.

Etter vurdering og undersøkelse av tilgjengelige produkter på markedet ble det bestemt at det i dette tilfellet skal konstrueres en egen rotator. Men det kan finnes produkter som vi ikke kjenner til som er godt egnet til formålet. Det kreves da en mindre designendring å tilpasse maskinen til dette. Men boringen i senter av holderen bør være det samme eller større enn i vår konstruksjon (Ø50), for å kunne bruke samme innspenningskonstruksjon som nåværende løsning.

Konstruksjon av rotator

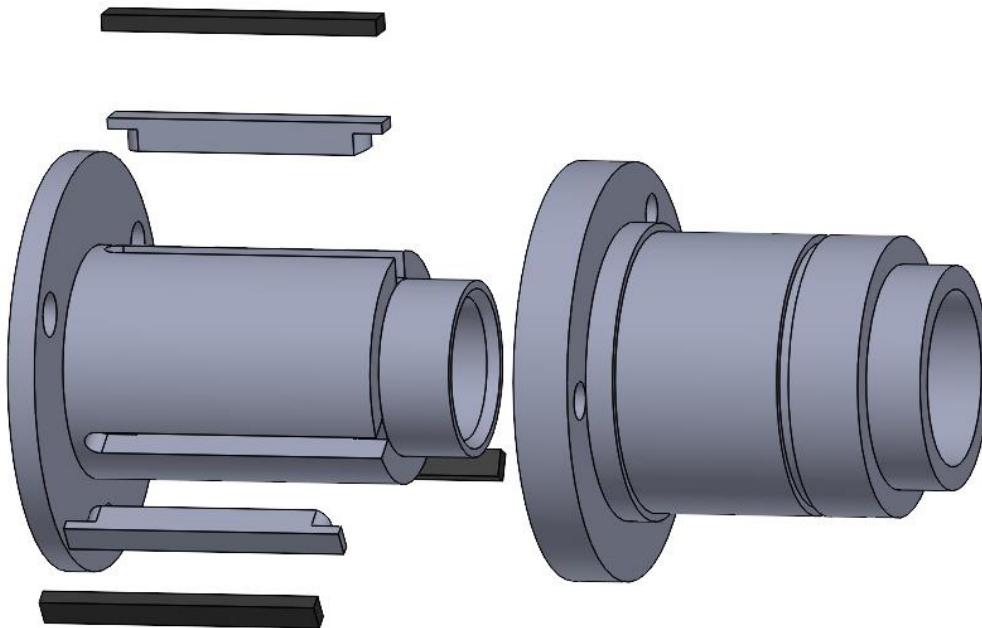
Når det ble bestemt at det skulle konstrueres en egen rotator, kunne gruppen velge fritt den gjennomgående boringen. Denne bestemmes av hvordan røret innspennes, innspenningen ble derfor konstruert før rotatoren.

Innspenning av rør

Vår første tanke her var en automatisk kjoks som kunne klemme fast røret og holde det mens innsatsen ble presset på plass. Dette hadde vært en enkel måte da rørene bare kunne få falle ned i en oppsamler bak kjoksen, og man slipper å ha en stopper bak kjoksen. Men maskinen må kunne håndtere hele spennvidden av toleranser delene har. Den trangeste pasningen som er teoretisk mulig gir et pressmonn på 0,38mm, som igjen krever en presskraft på Ca. 5tonn. Klemkraften som kreves for å holde igjen røret med en kjoks blir da for stor, det må derfor brukes en stopper.

Siden det nå er konkludert med at det er behov for en stopper som kan holde røret mens innsatsen blir presset inn, trenger innspenningen kun å holde røret sentrert i rotatoren, og klemme nok til at røret blir med rotasjonsbevegelsen. Dette kan med fordel løses helt mekanisk, slik at det ikke er behov for aktuatorer og sensorer.

Det ble konstruert en holder med 3 fjærspente klembakker.



Figur 30: Sprengskisse innspenning av rør

Bakkene tenkes fjærspent med gummi. Vi tenker å bruke polyuretan (PUR), da det er et mye brukt materiale.

Klembakkene står i utfreste spor i den innerste ringen, og strimler av PUR-matte ligger og presser mellom klembakkene og ytterringen. Dette skal være tilstrekkelig for å holde røret under rotasjonen.

Lagerhus

Lagerhuset ble konstruert når innspenningsløsningen var ferdig. Dette fordi boringen bestemmes av ytterdiametere til «yttre ring». Senterhøyden til arbeidsaksen bestemtes av skuffen. Lagerhuset er derfor tilpasset dette. Motoren som driver rotasjonbevegelsen ble også plassert på lagerhuset. Dette fordi det da blir mulig å rette opp motoren ved hjelp av styrepinner. Motoren bør rettes opp slik at det ikke blir vinkelavvik mellom aksene. Om vinkelavvik oppstår vil slitasjen øke både for lagrene i motoren og i begge tannhjulene.

Valg av lager og montering

En av parameterne for valg av lager er låst p.g.a. ytre diameter på rørholderen. Dette må være

diameteren på indre lagerring. Når det kommer til type lager, blir de belastet både i aksiell og radiell retning, men skal i teorien ha veldig lav belastning. Flere muligheter ble vurdert; koniske rullelager konfigurert i en lagerpakke, single rullelager, og sporkulelager. Valget falt på å bruke to stykk sporkulelager. To stykker grunnet stabilitet, ikke styrke. Belastningene her er så lave at vi får en meget god levetid.

Valget falt på SKF 16010. Dette er et tett sporkulelager, som er et anbefalt produkt. Lageret er da også prisgunstig.

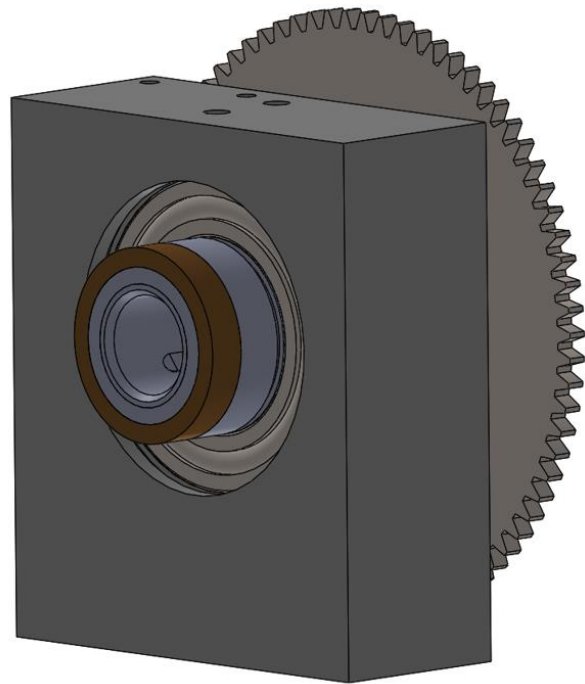
Rørholderen og lagerhuset er konstruert med tanke på montering, og et tenkt montert med drivpasning. Lagrene holdes på plass av låseringer.

Jordingspunkt

Det er lagt inn et jordingspunkt for sveiseprosessen i form av en slepering av kobberlegering. Denne diskuteres videre under «analyse og diskusjon».

Motor

For drive rotatoren brukes en elmotor. Det må være mulig å regulere omdreiningstallet til motoren. Antatt sveisetid er 15sek per rør, dette gir 4 runder per minutt. Omdreiningstallet bør kunne senkes og økes fra dette utgangspunktet. Når omdreiningstallet blir så lavt er det vanlig med en utveksling, slik at motoren roterer med høyere hastighet. Tannhjulsoverføringen gjør det mulig å gire ned hastigheten på røret. Maksimal utveksling mellom tannhjulene er 1:8. (Dørum, 2001) Det kreves derfor flere tannhjul/snekkedrev for å redusere hastigheten, dette øker kostnadene betydelig. Det er derfor et godt



Figur 31: Rotator

alternativ å bruke en elmotor med gir innebygget. For å finne motorer som passet til formålet, ble nettsidene til aktuelle leverandører brukt. Valget falt på en dc motor med planetgir. En kombinasjon av motor Micro motors E192-12-91 sammen med en utveksling på 5:1 i kraftoverføringen ble valgt.

Denne motoren har en innebygget girkasse som reduserer hastigheten 91 ganger. (Elfa distrelec, u.d.) Dette gir et maks ubelastet omdreiningstall på 41,6 omdreininger i minuttet. Sammen med utvekslingen i kraftoverføringen gir dette en maks hastighet på 8 runder per minutt. Ved normal drift går derfor motoren på halv hastighet, med mulighet til å øke og senke hastigheten.



Figur 32: DC motor (Micro motors E192-12-91) (Micro motors, u.d.)

Kraftoverføring

For å rotere røret kreves det en kraft. Dette kan løses med en motor, denne må plasseres utenfor akselen til røret. Dette fører til at kraften ikke kan overføres direkte. Ved valg av kraftoverføringsløsning var driftssikkerhet og kostnad viktige vurderingsparametere. Det skal overføres en liten kraft, med lav hastighet over en kort avstand. Noen av alternativene som vi har vurdert er kjededrift, reimdrift og tannhjuloverføring. Kjededrift er vurdert som det minst egnede av disse alternativene.

Kjedeoverføring gir en pålitelig løsning, men den blir vurdert som en mer komplisert løsning. Dette gjør at kostnadene øker. Reimdrift er godt egnet til formålet, det er et økonomisk alternativ med lang levetid. En fordel felles for kjede og reimdrift er at motoren enkelt kan flyttes lengre bort fra sveisesonen. Dette fører til mindre eksponering for varme og støv, dette kan øke levetiden til motoren. Det ble i dette konseptet valgt tannhjuloverføring, dette er godt egnet på korte avstander. Motoren er derfor montert i kort avstand fra sveisesonen. Men med bruk av innkapsling/varmeskjold vil

påvirkningen dette har på motoren reduseres. Tannhjulsoverføring gir enkel konstruksjon med lang levetid. Støy kan være et problem med rettskårne drev, men lavt turtall sammen med at maskinen blir plassert i en støysone i produksjonslokalene gjør at støy ikke er vektlagt.

Stort tannhjul

På grunn av at røret som sveises skal passere igjennom senter av tannhjulet, blir boringen på tannhjulet større enn på et standard tannhjul. Valget sto da mellom å modifisere ett tannhjul som kan kjøpes eller å lage et spesialtannhjul. Begge alternativene ville gitt et godt resultat, men fordi begge må maskineres ble det vurdert at spesialtannhjul ble

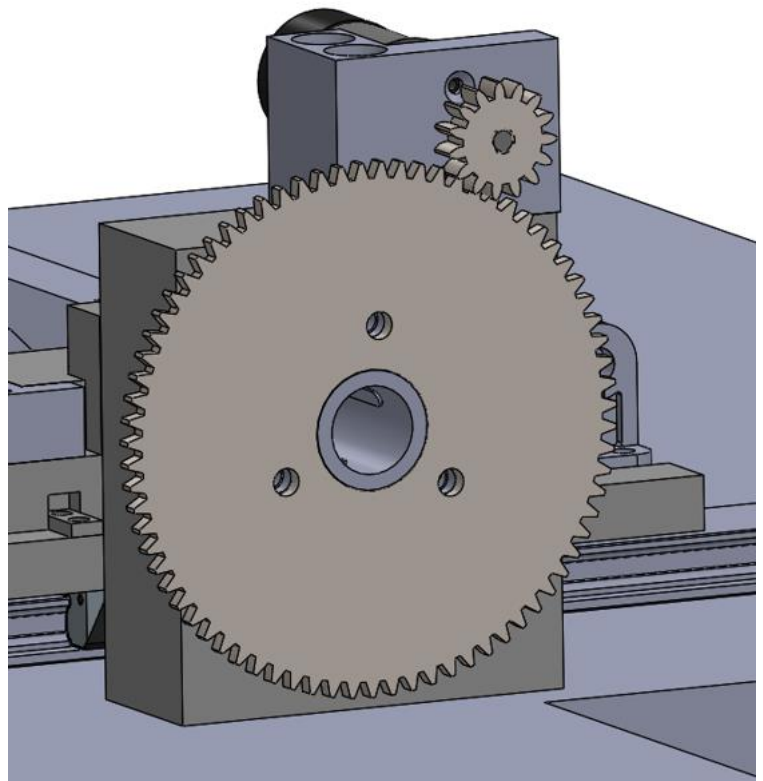
rimeligst. Dette med bakgrunn av Flokk har trådgnist som er godt egnet til å fremstille tannhjul. Trådgnisten jobber uten tilsyn natten gjennom, bearbeidingstid er derfor mindre viktig. Tannhjulet ble konstruert for å kunne kuttes ut av en herdet plate med trådgnist. For å feste tannhjulet ble skruene som holder indre og ytre ring sammen gjenbrukt. Sentrering av tannhjulet blir ivarettatt av en sentreringskant på indre ring.

Maksimal praktisk radius på tannhjulet bestemmes av høyden fra bunnplaten til senterlinjen i maskinen, dette er ca. 80mm.

For å ha god klaring ble delesirkeldiameteren satt til 150mm.

Modulen ble satt til 2, sammen gir dette oss 75 tenner. Bredden til tannhjulet ble satt til 5mm. Dette gir en breddefaktor $\lambda = 2,5$, dette

er innenfor de anbefalte verdiene. Disse verdiene ble så brukt til å hente et tannhjul fra verktøykassen i SolidWorks.



Figur 33: Kraftoverføring rotator

Lite tannhjul

Det lille tannhjulet har 15 tenner for å få et utvekslingsforhold på 5:1. Modulen er selvfølgelig den samme som på det store tannhjulet. 15 tenner og en modul på 2 gir en delesirkel på 30mm. Bredden ble satt til 10 mm, dette er primært for å få større areal mot akslingen på motoren. Tannhjulet er tenkt fremstilt med trådgnist, det er derfor mulig å lage samme form (en flat side) i tannhjulet som på

akselen på motoren. Tannhjulet er derfor bare tenkt festet med Locktite sammen med formen. En annen fordel med bredere tannhjul er at kravene til posisjonering i aksiell retning ikke er like høye.

Akselavstanden mellom tannhjulene:

$$a = \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} \quad a = \frac{150}{2} + \frac{30}{2} = 90[mm]$$

i=5:1

Stopp/utmating

Første tanke mens kjoks ble vurdert som et alternativ, ble det planlagt for at de ferdigsveiste komponentene bare skulle få falle ut på baksiden av kjoksen når neste rør ble presset inn i kjoksen. Men siden det ble nødvendig med en mekanisk stopper må det konstrueres en enhet som håndterer de fire forskjellige lengdene rør og som gjør plass for at rørene blir matet videre av neste rør.

Grunnet at det lengste røret er over dobbelt så langt som det korteste, og at innsatsen blir montert og dermed flytter tyngdepunktet til røret, trenger vi noe for å holde de lengste rørlengdene oppe på riktig høyde før den treffer stopperen. Denne må kunne demonteres på de korteste rørene. Dette gjør det nødvendig med en fysisk ombygging av maskinen når det skal skiftes rørlengde. Det er mulig å lage en løsning som ikke krever omstillingstid, men det ble vagt å ikke gjøre det for å holde kostnadene nede. Det freses et spor i en baseplate som stopperen plasseres på. Stopperen får dermed en kant å ligge imot. Dette gjør det lettere for operatøren å rette inn stopperen. Variasjonen mellom de to lengste rørene og de to korteste, er henholdsvis 5mm og 10mm. For å ha en kant å legge imot på de korteste lengdene legges det mellom en list med tilsvarende mål.

Siden stopperen skal kunne forskyves med en så liten distanse som 5mm, er det nødvendig med to sett bolter, siden hullene ville blitt veldig nær hverandre.

Stopperen skal dimensjoneres for presskraft fra røret på 53.4 KN, dette gjør at to M12 skruer alene ikke er tilstrekkelig. Det er derfor beregnet at noe kraft skal overføres til baseplaten via form, skruene skal holde stopperen nede slik at den ikke vipper opp.

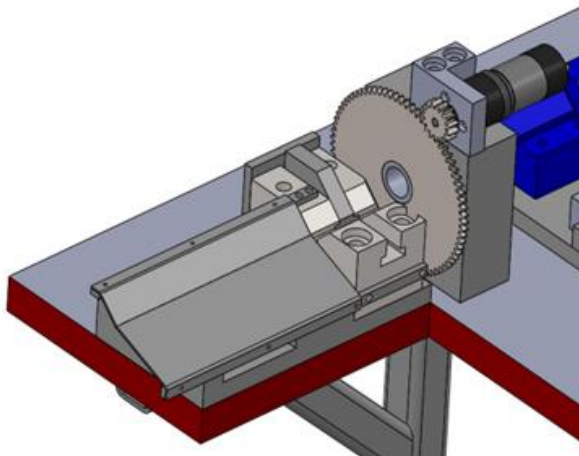
Betjening og kapasitet

Maskinen er konstruert for minst mulig fysisk belastning for operatøren. Men magasineringen er ikke ferdig designet, så hvor mye menneskelig arbeidskraft som trengs er et usikkerhetsmoment.

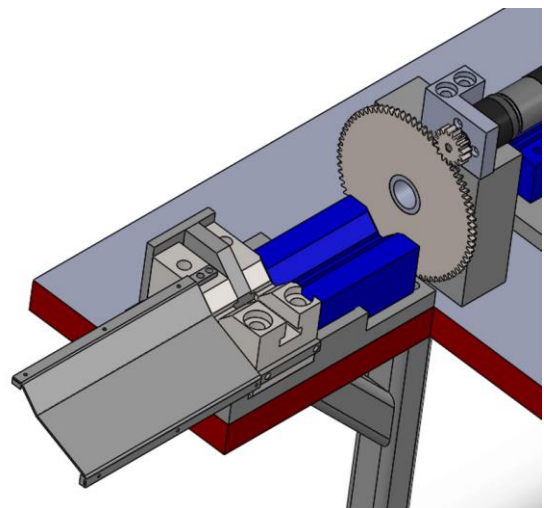
Det er anslått at maskinen skal kunne klare å sammenføre 3 rør/min. Dette gir oss en produksjon på 180 rør/timen. Med dette utgangspunktet er det ulike måter å drifte maskinen slik at det passer med resten av produksjonen. Med utgangspunkt i årlig produksjonsvolum på 82 000 enheter har maskinen mer en god nok kapasitet. Under er det listet opp noen forskjellige alternativ.

- Om man regner med 230 arbeidsdager i et år, får man et daglig antall på 357 stk. Dette tilsvarer 2 timers daglig drift.
- Om man regner med at maskinen er i drift 7 timer/dag trenger den 65 dager på å produsere hele årsvolumet.

Hvordan bedriften vil drifte maskinen kommer an på hvilke andre arbeidsoppgaver operatøren av maskinen skal ha, da dette mest sannsynlig ikke er en heltidsstilling selv ved kontinuerlig drift. Hovedoppgaven til operatøren vil være å mate inn rør og innsatser og hvor ofte dette må gjøres avhenger av størrelsen på magasinene.



Figur 34: Stopp/utmatting, korte rør



Figur 35: Stopp/utmatting, lange rør

Kostnadsoverslag

For å kunne gjøre økonomiske betraktninger er det gjort en overslagsberegning for kostnaden med å fremstille maskinen. Maskineringstid og kostnaden for lineær aktuatoren for press-syklusen, er det

knyttet stor usikkerhet til. Dette er samtidig de mest kostbare komponentene, dette gjør at det er knyttet stor usikkerhet til beregningen. Maskineringstiden er vanskelig å anslå, den oppsatte tidsbruken bør personell med mer erfaring kontrollere. Wittenstein som er mulig leverandør av servo lineæraktuatoren, er kontaktet for pristilbud og 3d- modell, men har ikke besvart vår henvendelse. Det er ikke funnet andre leverandører som kan levere en tilsvarende servo-aktuator, dette med hensyn på kraft behov.

Tabell 14: Kostnadsoverslag sveisemaskin

TIG sveisemaskin			NOK
Materialer	100kr per Kg	200kg	20000
Maskinering	500kr per time	100 timer	50 000
Pneumatikk			8 000
Elektro			15 000
Servoaktuator			30 000
Sveiseapparat			10 000
Avsug			8 000
Innkapsling			10 000
Div			5 000
Montering/inntrimming			15 000
Sum			171 000

Produksjonskostnader

Kostnadene avhenger av produksjonsvolum, estimatet er 82 000 per år. Nedbetalingstiden for investeringen har også stor innvirkning, denne er satt til 1 år, men maskinens levetid er betydelig lengre. Det er derfor mulig at det hadde vært mer riktig å fordele kostnadene over flere år. Fordi dette prosjektet må konkurrere mot andre prosjekter som FLOKK vurderer, bør tilbakebetalingstiden være under 1 år.

Underveis i dette prosjektet er produksjonen av de formede rørene flyttet til Felss, som var leverandør av formemaskinen. Investeringskostnaden for verktøyet som brukes i formingen er ikke inkludert i tallene under. Det er ukjent hvor lang levetid dette verktøyet har. Produksjonen av den sveisede varianten skjer fremdeles manuelt. Kostnaden til rørene er holdt utenfor, da den er uavhengig av produksjonsmåte.

Tabell 15: Variable kostnader

Innsats	5Kr
Dekkgass	0,25kr
Operatør	1.7Kr
Sumf	7.45Kr

I tabell 15 er de variable produksjonskostnadene for det nye konseptet vist. Kostnadene for gass og innsats er fra FLOKK. I Operatørkostnaden er driftstid på maskinen og tiden operatøren bruker satt til det samme. Det er ikke gjort en fullstendig økonomisk beregning, men kostnadene er beregnet på samme nivå for alle 3 metodene. Det er faktorene med størst økonomisk påvirkning som er tatt med.

Tabell 16: Kostnader dagens løsning

Dagens løsning		
Prosess	kostnad	antall
Felss	8Kr	72 000
MAG sveis	14Kr	10 000
Sum	716 000Kr	

Tabell 17: Kostnader nytt konsept

Nytt konsept		
Prosess	kostnad	antall
Sveising	7,45Kr	82 000
Sum	610900Kr	
Produksjonsutstyr	171 000Kr	
Sum	781900Kr	

Beregningene viser at dagens løsning er rimeligere enn vårt konsept hvis investeringen skal være nedbetalt i løpet av ett år. Men det er mange ukjente faktorer, disse bør undersøkes før en beslutning tas. Eksempler på uavklarte spørsmål er, hvilken innsparing ligger i å redusere antall varianter? Hvilke vedlikeholdskostnader har de ulike alternativene?

Det er større usikkerhet rundt kostnadene med en løsning som ikke er utprøvd i forhold til tallene for dagens produksjon. Samlet vurdering er derfor anslagene må vurderes av FLOKK, som har full oversikt over dagens kostnader.

Analyse og diskusjon

I dette kapittelet vurderes og diskuteres resultatene og metodikken som er benyttet.

Den første delen av prosjektet gikk ut på å undersøke mulige måter og feste fjæren til røret. Dette innebar å studere dagens løsninger, det ble så gjennomført en idémyldring der fokuset var å finne

mange mulige løsninger. Noen utvalgte metoder ble testet, de ble valgt ut ved bruk av produktkravspesifikasjonen, og hva som var praktisk mulig å få testet.

Resultat

Resultatet av denne prosessen er et maskin-konsept basert på den sammenføyningsmetoden som ble funnet mest hensiktsmessig.

Diskusjon av konsept og løsning

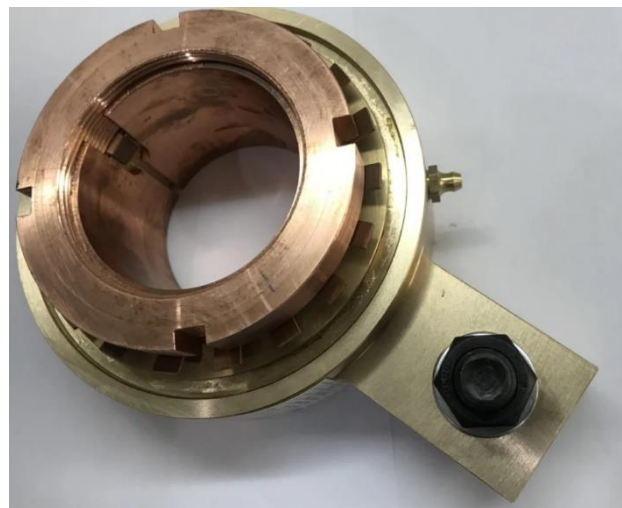
Den valgte sammenføyningen gir en god løsning som oppfyller kravene satt i kravspesifikasjonen, men det kan finnes andre løsninger som gruppen ikke har vurdert. Det finnes mange måter å løse dette problemet på, det er mulig at en annen gruppe hadde kommet frem til en annen løsning. Men vår løsning for å feste fjæren til røret oppfyller produktkravspesifikasjonene på en god måte. En løsning som er bedre enn vår vill derfor være en løsning som er økonomisk mer gunstig, enten ved lavere variable kostnader eller ved å ha et lavere investeringsbehov.

I dette konseptet er det brukt en elektrisk lineæraktuator, men på grunn av manglende svar fra leverandøren er kostnadene ved dette valget usikre. Denne aktuortypen ble valgt for den både er rask og enkel å regulere. En servomotor er brukt til å drive gjengestangen i aktuatoren, dette gjør at bevegelsen kan kontrolleres med stor presisjon. Hvis denne løsningen blir for kostbar, kan alternativt hydraulikk benyttes. Men dette blir en mer komplisert løsning da hydraulikk blir i tillegg til elektromotoren og pneumatikk sylindrene. En løsning med hydraulikk krever også flere sensorer for å kunne regulere sylindren nøyaktig. Men det er fullt mulig å endre konseptet til å bruke hydraulikk. Det er ikke tegnet inn pressesylinder eller fester til denne på CAD-modellen, pga. manglende spesifikasjoner.

Komponentene i maskinen er i hovedsak laget av stål, valg av type er ikke spesifisert. Men generelt kan man si at deler som ikke er i kontakt med rør og innsats, trenger ikke å herdes. For disse delene er Uddeholm UHB11 godt egnet materiale. Deler som er i kontakt med rør og innsats bør herdes, fordi det her oppstår større slitasje. Det er likevel lav belastning på delene, Uddeholm Arne er derfor egnet. Men det kan i sentrerings ring og klembakkene være bedre å benytte Uddeholm Rigor på grunn av bedre slitasjeegenskaper og dimensjonsstabilitet under herding.

Jordingspunktet for sveiseprosessen er plassert på rotatorens indre ring. Strømmen må derfor gå gjennom klembakkene og den indre ringen. En fare med dette er at det kan slå gnister mellom komponentene. For å unngå dette kan man jorde klembakkene, eller røret direkte. Dette er derimot litt mer krevende, og man ville uansett måtte hatt et punkt der det kan oppstå gnister og slitasje.

Det finnes roterende jordingspunkt på markedet. Et alternativ kunne vært å inkludere noe lignende i rotatoren.



Figur 36: Eksempel på ring for jording av roterende rør (btslipring, u.d.)

Evaluering av metodikk og gjennomføring

Gruppen mener at fremgangsmåten har fungert. Prosjektarbeidet har fungert bra. Rapporten viser seg å være en spesielt tidkrevende del av prosjektet. Samarbeidet har fungert.

Videre utvikling

Neste steg er at FLOKK vurderer de økonomiske sidene av vårt konsept opp mot dagens løsning. Hvis det blir besluttet å jobbe videre med prosjektet, må det avklares hvilken press sylinder som skal benyttes. Når dette er avgjort, må feste til denne konstrueres. Videre må kapasitet og teknisk løsning for magasinene bestemmes. For å styre maskinen er det planlagt å benytte en PLS, for at denne skal virke må sensorer og annet tilbehør prosjekteres på detaljnivå.

Konklusjon

Avslutningsvis vil gruppen konkludere med at konseptet som presenteres i denne rapporten er et svar på oppgaven, det innfrir på de kravene som ble satt. Reel stykkpris på sammenføring kan avvike noe fra våre estimat, men kostnadene er antageligvis lavere enn dagens løsning. Den største fordelen med vår metode er at man slipper flere forskjellige varianter.

Arbeidet med oppgaven har vært arbeidskrevende, men lærerikt.

Gjennom arbeidet med prosjektet har gruppen fått god erfaring med prosessen fra å velge ut en løsning, for så utvikle produksjonsutstyret som trengs for å produsere den valgte løsningen.

Kunnskapen gruppen har opparbeidet seg om problemstillingen gjennom arbeidet med denne oppgaven, gjør at gruppen mener resultatet er et godt konsept.

Referanser

btslipring, u.d. *Rotatable Earth Couplings*. [Internett]

Hentet fra: <https://btslipring.en.made-in-china.com/product/CNonFguYAbhA/China-Rotating-Earth-Connectors-for-Welding-Machines.html>

[Funnet 10 April 2022].

Castolin Norge AS, u.d. *Håndbok lodding*. [Internett]

Hentet fra:

<https://static1.squarespace.com/static/5e1c7960ca124e6013aa0ff3/t/6017dfd74f4ce571ffeeee98/1612177369003/Loddeh%C3%A5ndbok+Castolin.pdf>

[Funnet 18 februar 2022].

Dørum, A., 2001. *Maskindeler 1*. Trondheim: Akademika.

Elfa distrelec, u.d. *Micro motors seies E 192*. [Internett]

Hentet fra: <https://www.elfadistrelec.no/Web/Downloads/55/07/05445507.pdf>

[Funnet 6 April 2022].

Festo, u.d. *products, actuators*. [Internett]

Hentet fra: http://www.festo.com/no/en/a/548096/?q=~:sortByFacetValues-asc~:CC_Size_FP010901_C_FP_GLOBAL~:220.0

[Funnet 5 April 2022].

FLOKK, 2020. *Annual Report 2020*, s.l.: s.n.

FLOKK, 2022. *Konfigurator*. [Internett]

Hentet fra: <https://store.flokk.com/norway/en-gb/products/rh-logic?model=3550-STD&code=028916>

[Funnet 20 4 2022].

HPC, u.d. *Worm and wheel gearboxes*. [Internett]

Hentet fra:

<https://shop.hpceurope.com/an/categorie.asp?fald=74&caid=2&produit=Worm%20and%20wheel%20gearboxes>

[Funnet 5 April 2022].

Kalpakjian, S. & Schmid, S. R., 2014. *Manufacturing Engineering and Technology*. 7 red. Singapore: Pearson.

Lie, T., 1992. *Chair mechanism*. Norge, Patentnr. WO92/20264.

Loctite, 2013. *Teknisk datablad*. [Internett]

Hentet fra: <https://docs.rs-online.com/63b8/0900766b800901e1.pdf>

[Funnet 25 Mars 2022].

Micro motors, u.d. *Micro motors E192·12·91*. [Internett]

Hentet fra: <https://www.micromotors.eu/en/gear-motors/series-e192/>

[Funnet 7 April 2022].

researchgate, 2015. *researchgate*. [Internett]

Hentet fra: <https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-Wire-EDM->

process_fig3_300239829

[Funnet 4 April 2022].

SubsTech, u.d. [Internett]

Hentet fra: http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=resistance_welding_rw

[Funnet 15 februar 2022].

Wittenstein group, 2016. *Youtube.com*. [Internett]

Hentet fra: <https://www.youtube.com/watch?v=PSBjbcioNt8&t=38s>

[Funnet 26 April 2022].

Wittenstein, u.d. *cyber® force actuator*. [Internett]

Hentet fra: https://cyber-motor.wittenstein.de/en-en/products/servo-motors/linear-actuators/cyber-force-actuator-linear-actuators/?gclid=CjwKCAjw9LSSBhBsEiwAKtf0nxlQ7CY7D6bWOHV7lXkPoMTcjpMJ2gFI4sSq811kBDz9fYJYsFIsshoCYJkQAvD_BwE

actuators/cyber-force-actuator-linear-

actuators/?gclid=CjwKCAjw9LSSBhBsEiwAKtf0nxlQ7CY7D6bWOHV7lXkPoMTcjpMJ2gFI4sSq811kBDz9

fYJYsFIsshoCYJkQAvD_BwE

[Funnet 6 April 2022].

Vedleggliste

Vedlegg	Type vedlegg	Side
Vedlegg A	Risikovurdering	I
Vedlegg B	Maskintegninger pressverktøy	III

Vedlegg A: Risikovurdering

Faktorer som er risikovurdert i dette prosjektet er samarbeid, fremdrift og kvalitet. I figur 5 er konsekvensene av avvik vurdert.

Samarbeid

Håkon og Stian har studert sammen i 3år, og har samarbeidet godt i flere tidligere studentprosjekt. I tabellen under er konsekvensen av ulike former for samarbeidsproblemer vurdert. Faren for samarbeidsproblemer vurderes som marginal. Håkon har i forbindelse med utdanning og arbeid samarbeidet med FLOKK i en 10års periode, i tillegg er samarbeidsavtale signert. Samarbeid vurderes som en faktor med lav risiko.

Fremdrift

Den største faren er muligens prokrastinering. Dette er det viktig å være bevisst på, og sette inn tiltak tidlig når progresjonen er for dårlig.

For å redusere faren for langsom fremdrift er det laget en fremdriftsplan. For å kontrollere at progresjonen er i henhold til fremdriftsplanen skal vi ha jevnlig statusmøter. Det skal skrives referat fra møter, som legges på Teams. Timelister skal skrives, grafer som visuelt viser antall timer arbeidet per uke skal bidra til at treg fremdrift oppdages tidlig.

Kvalitet

For å sikre kvaliteten og innholdet i oppgaven, skal vi konsultere veileder ved behov.

Benevning	Kvalitet	Fremdrift	Samarbeid
Marginal (1)	Ubetydelig endring i planer	Ubetydelig endring i planene	Tilnærmet lik arbeidsfordeling
Liten (2)	Lavere en ambisjoner i prosjektet	Innenfor planlagt slakk	Merkbart større belastning på en deltaker
Moderat (3)	Litt dårligere en avtalt	Utenfor planlagt slakk	Veldig ujevn arbeidsfordeling
Alvorlig (4)	Vesentlig dårligere en avtalt	Endring på kritisk linje	Jobber individuelt
Svært alvorlig (5)	Ikke akseptabelt	Slutt mål ikke nådd	Bare en bidrar

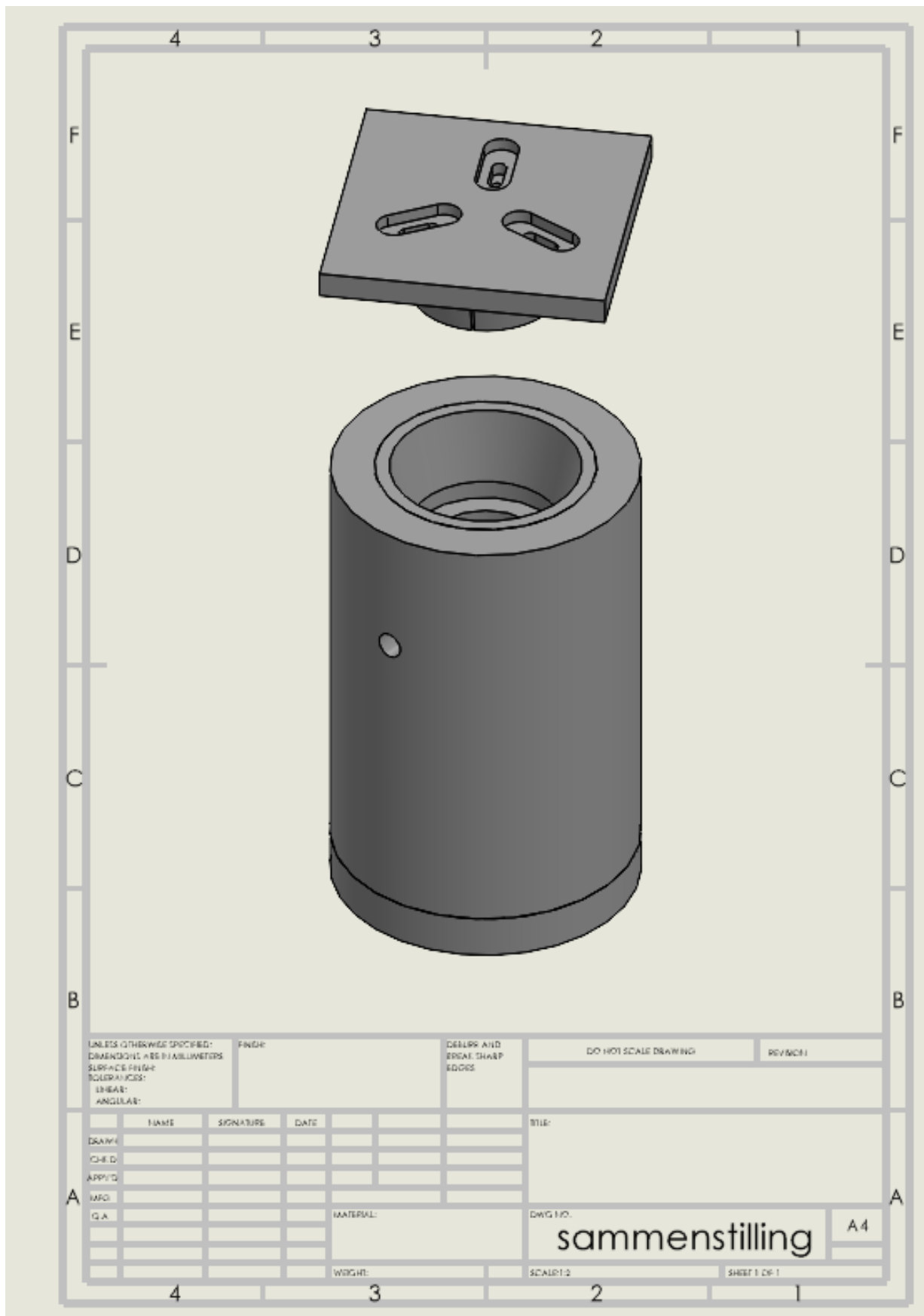
Arbeid på verksted

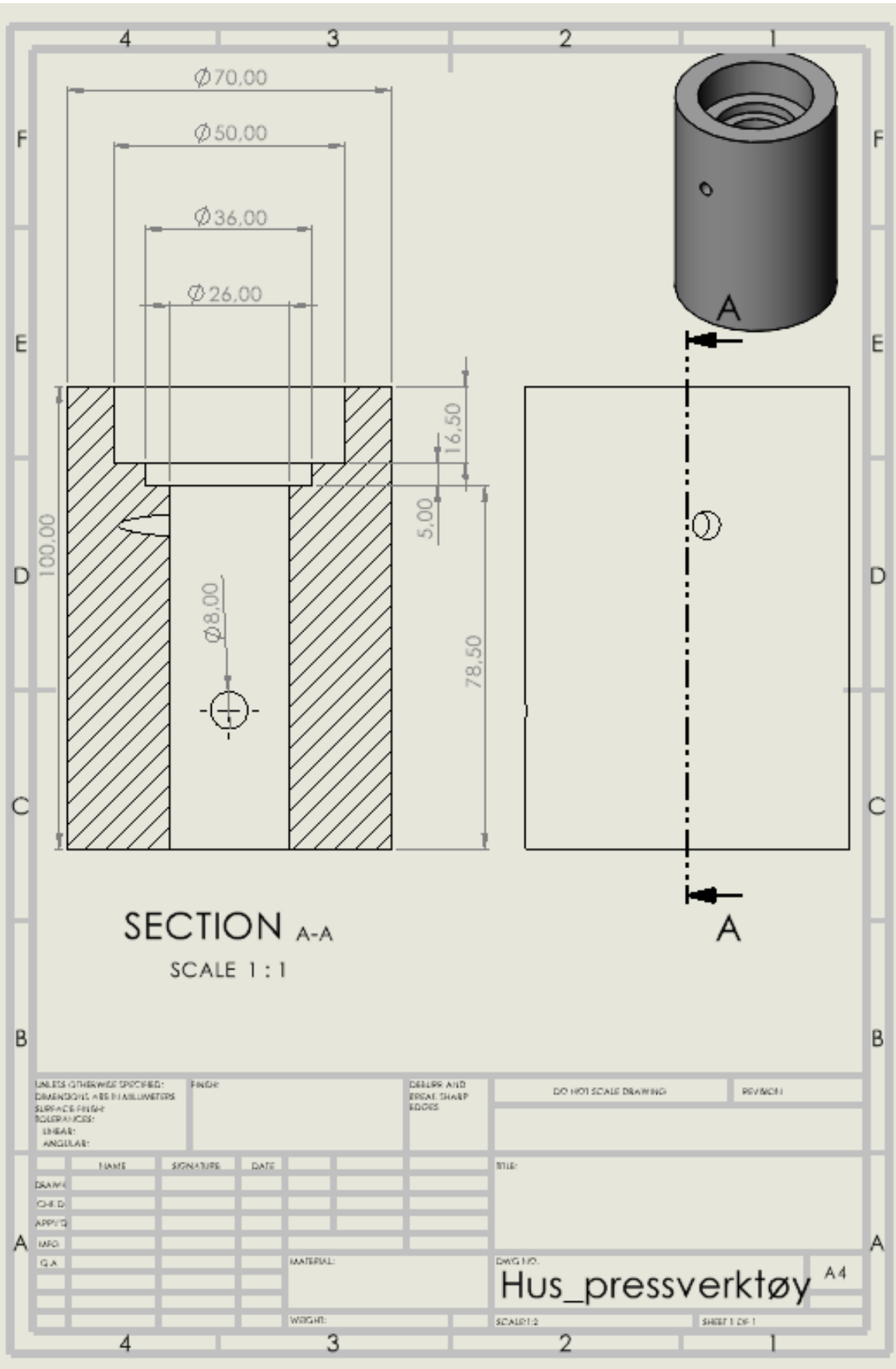
Det er påbud om vernesko når man oppholder seg på verkstedet.

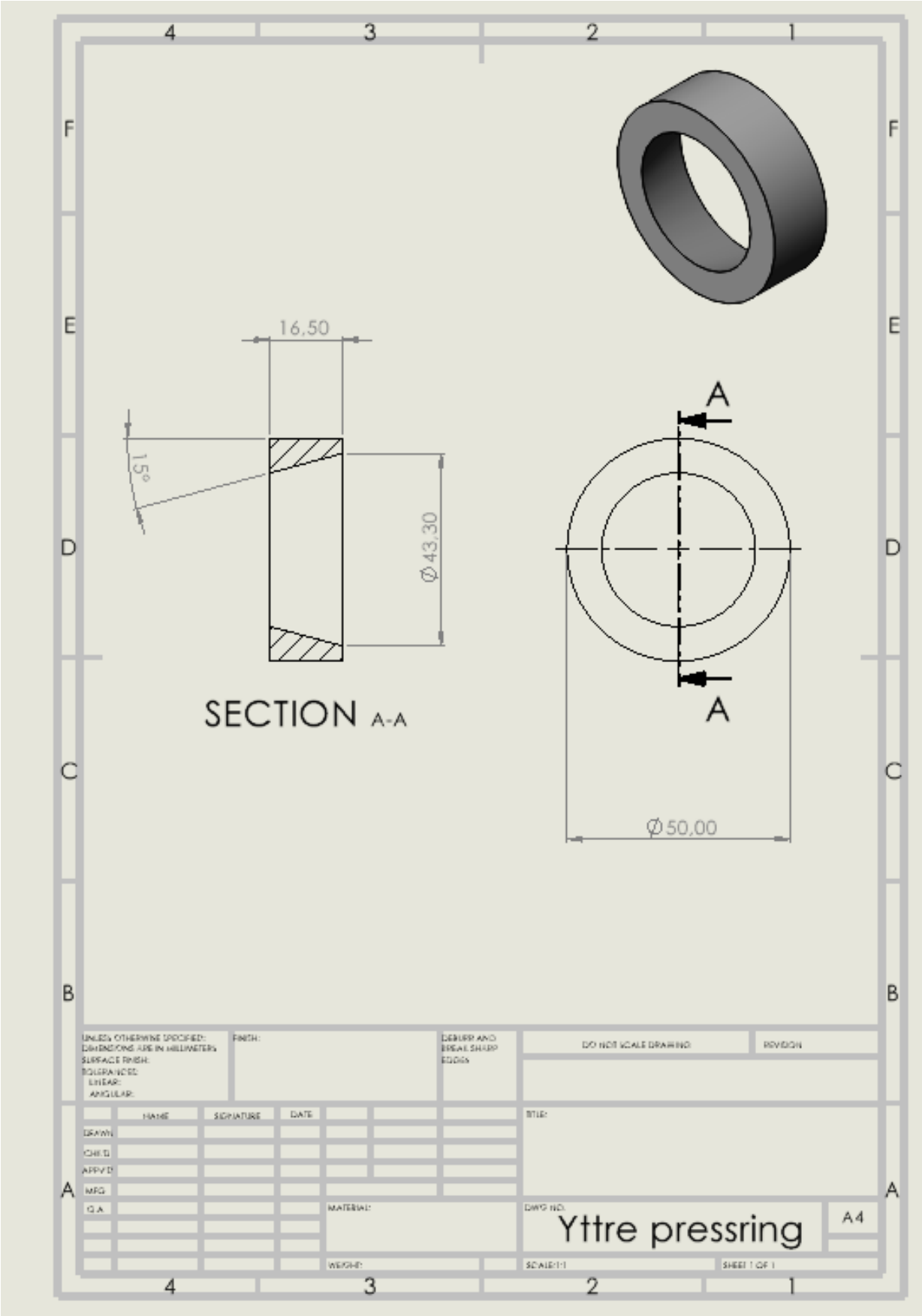
Under er det listet opp risiko og tiltak som gjøres ved de enkelte prosesser.

Prosess	Risiko	Tiltak	Verneutstyr
Sveising (TIG,MAG)	Varmt arbeid Gnister kan gjøre skade på personell eller antenne brennbart materiale Innhaleriing av sveiserøyk	Utføres på sveiseverksted Bruke punktavsug	Sveisehansker Sveisemaske Heldekkende, flammehemende klær Hørselvern
Hardlodding	Varmt arbeid Gnister kan gjøre skade på personell eller antenne brennbart materiale Innhalering av giftig gass	Utføres på sveiseverksted Bruke punktavsug	Sveisehansker Sveisemaske Heldekkende, flammehemende klær Hørselvern
Pressveising	Varmt arbeid Gnister kan gjøre skade på personell eller antenne brennbart materiale Må utføres i verkstedpressen, denne står ikke i sveiseverkstedet	Gjennomfører SJA Fjerner brennbart materiale Deltakerne har Varmearbeiderkurs.	Vernebriller Sveisehansker
Dreining/fresing	Spon kan komme flyvende Operatør kan vikles inn i roterende utstyr. Delen som maskineres løsner og kommer flyvende.	Faglært personell	Vernebriller Tettsittende mansjetter Ikke hansker
Sliping	Varmt arbeid Gnister kan gjøre skade på personell eller antenne brennbart materiale	Fjerner brennbart materiale	Vernebriller Hørselvern Heldekkende klær Hansker
Testing	Røret kan løsne fra skrustikka og treffe personell. Skrustikka kan løsne fra benken og treffe personell på tærne.	Ikke teste med høyere belastning en planlagt	Vernebriller Hansker Hørselvern

Vedlegg B: Maskintegninger







UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
HOLLOWED:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHEK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A.			

TITLE:

DWG NO.

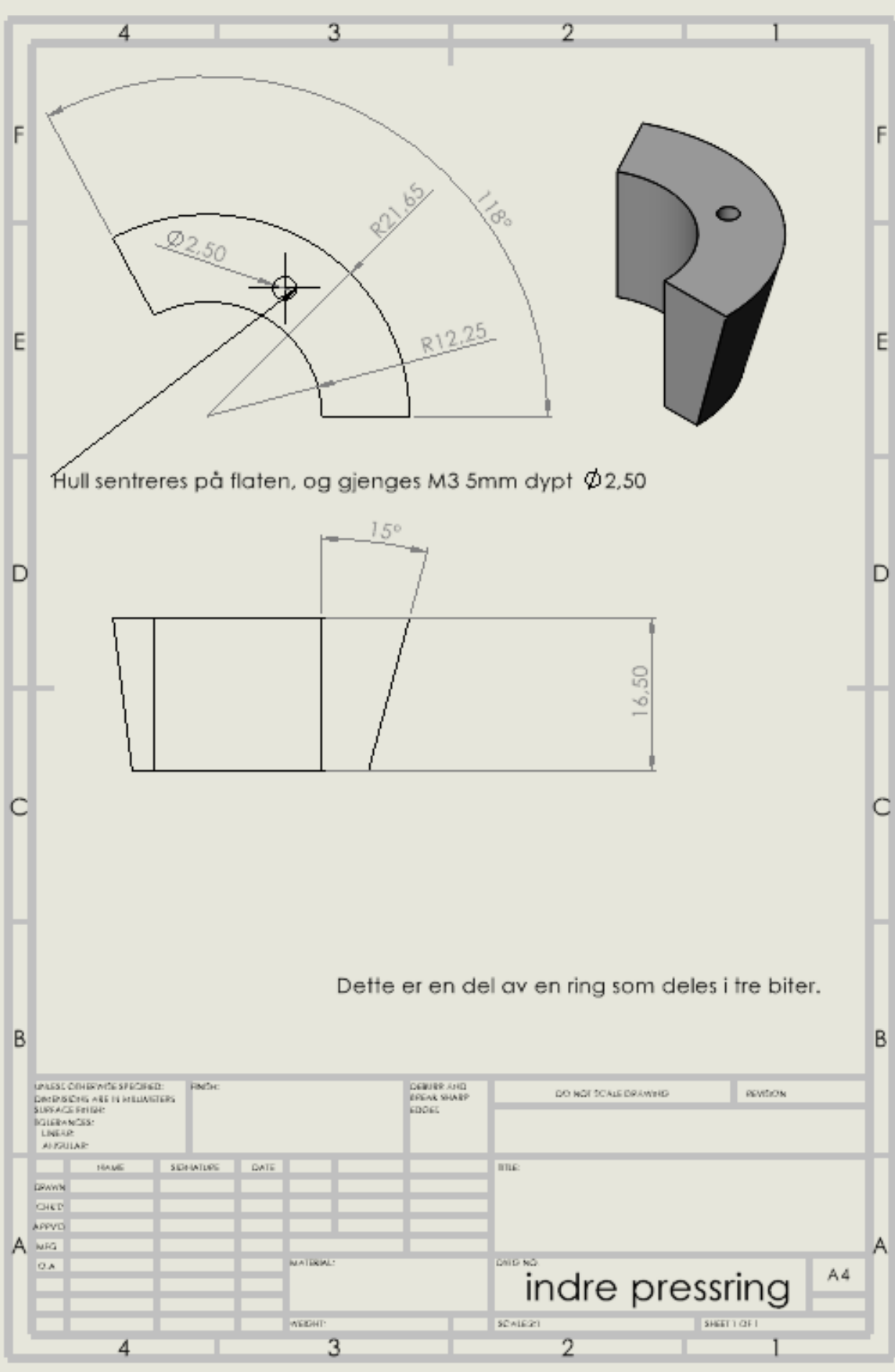
Yttre pressing

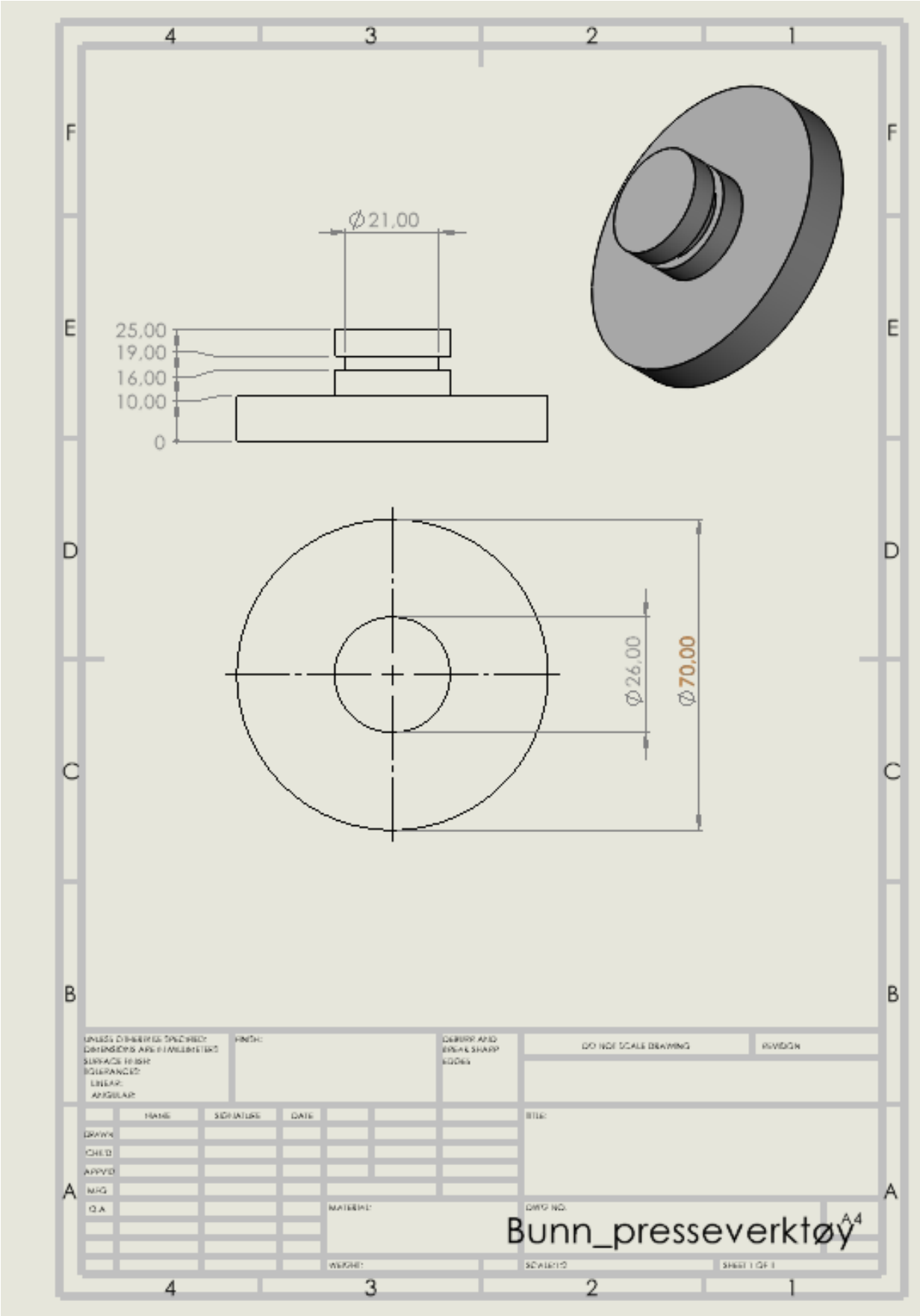
A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

CORNER AND
EDGES SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHECKED					
APPROVED					
MFG					
QA					

TITLE:

DWG NO. **Bunn_presseverktøy** ^{A4}

SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1

