Bacheloroppgave Gruppe 2

Utvikling av Utstøte-mekanisme

Development of Ejection-mechanism

Ivan Gushkov, Jan Erik Schopmeier, Henrik Meyer Solhaug

29. mai 2020

NTNU

RAPPORT BACHELOROPPGAVEN

Tittel

Utvikling av Utstøte-mekanisme

Development of Ejection-mechanism

Prosjektnr

MTP-K-2020-02

Forfatter(e)

Ivan Gushkov, Jan Erik Schopmeier, Henrik Meyer Solhaug

Oppdragsgiver(e) eksternt

Aludyne Norway

Veileder(e) internt

Detlef Blankenburg

Rapporten er ÅPEN

Dato levert

29.05.2020

Bacheloroppgave om utvikling av en forbedret utstøtemekanisme til en aluminiumsstøpemaskin. Lagt stor vekt på å ha en likegangsfunksjon som uavhengig av motkraft gir lik translasjon i fire sylindere. Dette skal sørge for en rett utstøting.

Bachelor thesis covering the development of an improved ejection mechanism tailored for an existing aluminum die casting machine. The focus lies around the synchronized movement of four hydraulic cylinders, regardless of the individual counter force they are experiencing. This will ensure an even ejection of the cast.

Stikkord:	Keywords:
Hydraulikk, støping, likegangsfunksjon, utstøting, synkronisering, Aludyne, produktutvikling	Hydraulic, equal speed acutator , casting, ejection, synchronisation, Aludyne, product development

Forord

Dette er en bacheloroppgave som omhandler utvikling av en funksjonsmodell av en forbedret utstøtemekanisme til Aludynes støpemaskiner. Gjennom denne prosessen har vi hatt kontakt med mange som har hjulpet oss. I denne anledning vil vi takke:

Detlef Blankenburg, var veileder

Evangelos Ty opoulos

Olav Schopmeier, kost og losji under bedriftsbes k

Monika Schopmeier, innledende kontaktperson med Aludyne

Melvin Bryggesa

Per Skaug

Tom Rune Hansen

ystein Borkamo

Kristine Thevik

Siren Solhaug, korrekturlesing

Petya Gushkova

yvind Haave

Geir Austad, hjelp med nettside

Hans Martin, hydraulikkekspertise

Vi utførte oppgaven under **COVID-19** virusutbruddet, og dette har hatt en påvirkning på vår oppgave. Vi hadde en lang periode hvor vi i gruppen ikke fikk møttes, og kommunikasjon med universitetet (NTNU) har vært krevende.

Nettside

Vi har laget en nettside som er laget for å komplimentere rapporten. Nettsiden inneholder rapporten, vedlegg, og noen relevante bilder.

Nettsiden ser på det som en gøy og lett tilgjengelig måte å vise arbeidet vårt til andre. RApporten står derimot på egne ben uten nettsiden.

Vi anbefaler å åpne nettsiden i nettleseren F̈irefox; om ikke det er mulig fungerer også M̈icrosoft Edge. Ved å klikke på funksjonsknappen F̈11f̈år man fullskjerm, som vi anbefaler.

Linken

Abstract

This paper covers the product development process of a new and improved ejection mechanism for the removal of aluminium castings with complex geometry and asymmetry from a die-casting machine, whilst ensuring that both the casted product and the die is left undamaged. The product development process follows French's iterative and result oriented descriptive product development model. The task is issued by Aludyne Norway, a sub-company of Aludyne, who produce lightweighting and mobility solutions for use in the car industry; as they discovered the current day mechanisms design is inadequate.

The current day mechanism has been examined, explained, and analyzed with the intent of giving the reader a thorough understanding of its mechanisms and faults, as well as laying the foundation for the product development process. Multiple concepts were generated and the concepts that satisfied the performance specifications were further explored.

In the later parts of the paper a concept is chosen for further development. The leading concept has then been developed to such an extent that we can make a well-grounded assumption on whether or not the concept is an improvement to the current day mechanism.

In conclusion we find that the leading concept, which is based on a multi-chambered mechanically connected hydraulic volumetric divider, is deemed an improvement to the current day mechanism. This conclusion, however, is purely theoretical, as no physical testing has been done. To fully flesh out the concept further development is needed, and the remaining work is listed. The results of this paper have the function of aiding Aludyne's own production development process.

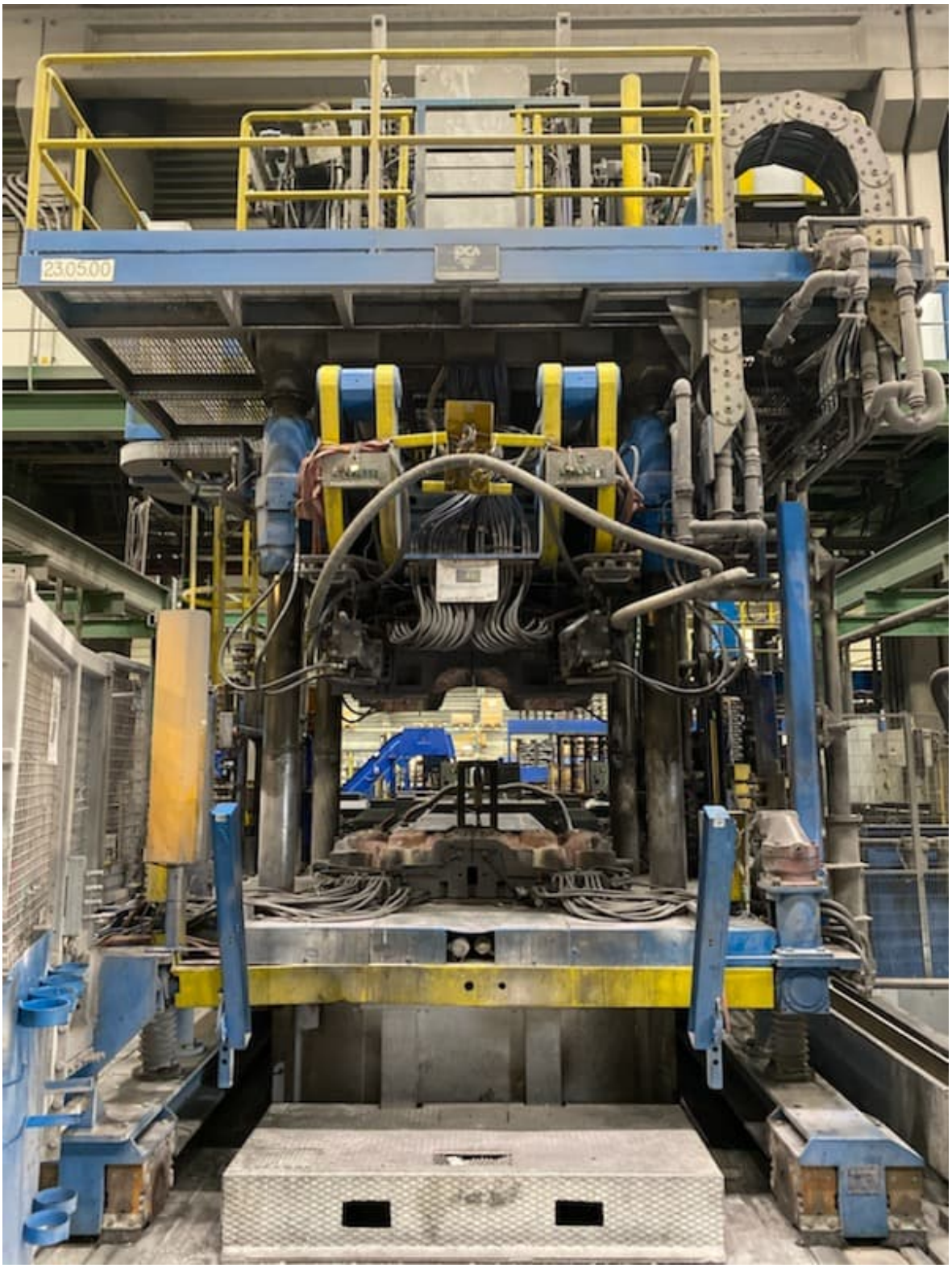
Sammendrag

Denne oppgaven tar for seg produktutviklingsprosessen av en ny og forbedret utstøtemekanisme til en eksisterende støpemaskin. Utstøtemekanismens oppgave er å støte ut støpegodset, på en slik måte at støpeformen og støpegodset ikke blir skadet. Dagens utstøtemekanisme har en for høy vrak- og feilprosent, mye grunnet støpegodsets økende kompleksitet gjennom årene. Oppgaven er gitt fra Aludyne Norway, et underselskap av Aludyne, som produserer lettvektige aluminiumsdeler til bil-industrien. Produktutviklingsprosessen følger French' modell, som er en iterativ og resultatorientert deskriptiv produktutviklingsmetode.

Dagens mekanisme blir beskrevet i detalj. Mekanismen er også analysert. Dette er for å gi leseren en god forståelse for hvorfor dagens mekanisme ikke fungerer optimalt, og for å gi oss et grunnlag for produktutviklingsprosessen. En rekke konsepter ble utviklet, og de konseptene som tilfredsstilte produktkravspesifikasjonene til mekanismen er beskrevet.

Senere i oppgaven er ett konsept valgt for videre utvikling. Dette konseptet er deretter utviklet til et nivå som gjør det mulig å gjøre en objektiv antagelse om konseptet er en forbedring av dagens mekanisme eller ei.

Vi konkluderer med at det ledende konseptet, som baserer seg på en hydraulisk volumetrisk mekanisk sammenkoblet flerkammerdeler, yter bedre enn dagens mekanisme. Denne konklusjonen baserer seg derimot kun på teoretiske beregninger, ettersom ingen fysisk testing er blitt gjort. Konseptet krever ytterligere arbeid for å ferdigstilles, og hva som gjenstår nevnes. Resultatene av oppgaven gis til Aludyne, slik at de kan hjelpe Aludynes egen utviklingsprosess av en ny mekanisme.


23.05.00

Innhold

Forord ii

Abstract iv

Sammendrag v

I Innledning 1

1 Beskrivelse av Oppgaven 2

1.1 Oppgavetekst . . . 3

1.2 Bakgrunn for oppgaven . . . 4

1.3 Bedriften . . . 5

1.4 Støpemaskin og Prosess . . . 7

1.5 Læringsmål . . . 9

1.6 Prosjektets begrensninger . . . 9

2 Om oss 10

3 Metoder 11

3.1 Produktutvikling . . . 11

3.1.1 PU-metoder . . . 12

3.2 Inspeksjon av maskin . . . 13

3.3 Sikkerhet-og Dimensjonerinsprinsiper . . . 14

4 Rapportens disposisjon 15

II Beskrivelse av system og problem **16**

5 Støpemaskinens komponenter og deres funksjoner **17**

6 Støpesyklus **24**

7 Analyse av problem **26**

7.1 Problemstilling 26

7.2 Målinger gjort av Aludyne 27

7.3 Analyse av video fra Aludyne 28

7.4 Lastanalyse 29

7.4.1 Antakelser og forenklinger 30

7.4.2 Analyse 31

7.5 Resultater av lastanalyse 37

7.6 Varmeutvikling i maskinen under drift 38

7.7 Økonomisk dimensjon 38

8 Tekniske begrensninger **40**

8.1 Krav for integrering 40

8.2 Begrensninger i arbeidsrommet 42

8.3 Levetid og vedlikehold 44

8.4 Andre krav og begrensninger 45

9 Grunnlag for utvikling **47**

9.1 Funksjonsanalyse 47

9.2 Produktkravsspesifikasjoner 48

III Utvikling **50**

10 Konseptoversikt **52**

11 Lovende konsepter **54**

11.1 Konsept 1: Forbedring av dagens mekanisme 54

11.2 Konsept 2: Flere sylindere 56

11.2.1 Antall stempler og plassering 57

11.3 Konsept 2.1: **Hydrosynkron** 61

11.4 Konsept 2.2: **Servosynkron** 63

12 Evaluering og sammenligning av konsept 66
12.1 Antatt avvik 66
12.1.1 Forbedring av dagens mekanisme 66
12.1.2 Servosynkron 67
12.1.3 Hydrosynkron 68
12.2 Antatt avvik: Resultat 69
12.3 Evaluering og valg 69

IV Detaljering 71

13 Detaljeringprosessen 72
13.1 Sikkerhetsvurdering 73
13.1.1 Relevante standarder 74
13.1.2 Risikosituasjoner i produktets livssyklus 74
13.2 Analyse av risikosituasjoner 75

14 Detaljering av ledende konsept 77
14.1 Hydraulikk 77
14.1.1 Logikk 77
14.1.2 Dimensjonering av hydrauliske komponenter 87
14.2 Andre n dvendige spesi kasjoner 93
14.3 Innfestninger 98
14.4 Posisjonsovera king 101

15 Endelige spesi kasjoner 102

V Diskusjon, konklusjon og videre arbeid 104

16 Diskusjon 106
16.1 Produktkravspesi kasjoner 106
16.2 Lastanalyse 107
16.3 Grunnlag for valg 108
16.4 Sikkerhet og dimensjonering 108
16.5 Kildekritikk 108

17 Konklusjon 109
17.1 Konseptets nøyaktighet sammenlignet med dagens mekanisme 109
17.2 Resultater i forhold til produktkravsspesifikasjonene 112
17.3 Konklusjon 115

18 Videre arbeid 117

19 Refleksjon 119
19.1 Læringsmål 119
19.2 Kommentarer og Anbefalinger 120
19.3 Våre tanker om oppgaven, prosessen og resultatet 120

VI Teori og teknologi 122

20 Teori 123
20.1 Materialegenskaper 123
20.2 Newtons tredje lov 125
20.3 Om statikk og bjelker 125
20.4 PLS 126
20.5 Styring 126
20.6 Hydrodynamikk og hydraulikk 129
20.7 Elementanalyse 130

21 Teknologianalyse 133
21.1 Volumstrømmåler - relevant for Hydrosynkron 133
21.2 Aktiv styring av hydrauliske sylindere - relevant for Servosynkron . . 134
21.3 Sensorer og måleutstyr - relevant for Servosynkron og Hydrosynkron . 135
21.3.1 Posisjonssensorer - relevant for Servosynkron og Hydrosynkron 135
21.3.2 Kraftmåling - relevant for Servosynkron 138

VII Vedlegg og Kilder 140

Uttrykk og forkortelser 148

22 Vedlegg 151

Del I

Innledning

1. Beskrivelse av Oppgaven

Oppgaven fra Aludyne går ut på å utvikle en konseptl sning eller en funksjonsmodell av en ny eller forbedret utst temekanisme til st pemaskinene deres. Målet med den nye l sningen er å sikre jevn utst ting, som vil f re til mindre vrakst p og vedlikehold av formen.

Aludyne har identi sert at utst temekanismen har en uakseptabel feilprosent, som resulterer i dramerker på produktet, dimensjonsavvik til produktet, og i verste fall kiling av produktet i formen.

Kiling, som er den mest kritiske feilen kan i noen tilfeller resultere i at hele produksjonslinjen stanser. Kilingen oppstår f rst i st peformen, men i denne oppgaven ser vi på måter utst temekanismen kan kompensere for slike situasjoner.

Se for deg at du skal lukke en gammel kinkig skuff på mors antikke kommode. Om du er noe uforsiktig og dytter skuffen igjen med en hånd, kiler den seg og sitter bom fast. Er du derimot forsiktig og bruker begge hender vil skuffen gli nt inn i kommoden. I denne analogien representerer skuffen st pegodset, og hendene dine utst temekanismen.

1.1 Oppgavetekst

\ Aludyne Farsund produserer aluminiums-st p ved hjelp av 11 st pemaskiner. Etter st rkning st tes st pet ut av formen ved hjelp av utst temekanismen. Aludyne pasta r at dagens l sning gir fra seg en ujevn kraftfordeling, som kan resultere i problemer under utst ting. Vi har fatt i oppgavea utvikle og/eller bidra til utviklingen av en ny generasjons mekanisme, som sikrer en rett utst ting. Oppgaven gjennomf res i samarbeid med Aludyne Farsund og omfatter f lgende punkter:

1. Kort analyse og beskrivelse av produkt, teknologi og behov.
2. Utvikling av n dvendige spesi kasjoner som grunnlag for arbeidet.
3. Utvikling, evaluering, og presentasjon av alternative konsepter.
4. Valg, videre detaljering og ra nering av de mest lovende konseptene.
5. Utvikling av struktur, utforming, og dokumentasjon av utvalgte komponenter.
6. Evaluering og presentasjon av resultatene.
7. Evaluering av valgt metodikk og resultatene i forhold til l ringsma lene.

Oppgaven skal aktiv ta i bruk PU - journal. Senest 3 uker etter oppgavestart skal et A3 ark som illustrerer arbeidet leveres til fagl rer. Arket skal ogsa oppdateres en uke f r innlevering av bacheloroppgaven. Arbeidet skal risikovurderes. Risikovurdering er en l pende dokumentasjon og skal gj res f r oppstart av enhver aktivitet som kan v re forbundet med risiko. Besvarelsen skal ha med signert oppgavetekst, et sammendrag pa norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse, etc. Ved utarbeidelse av teksten skal kandidaten legge vekt pa a gj re teksten oversiktlig og velskrevet. Ved bed mmelse legges det stor vekt pa at resultater er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller gra sk pa en oversiktlig ma te og diskuteres utf rlig."

1.2 Bakgrunn for oppgaven

Figur 1.1: Komplekst asymmetrisk st pegods.

St pemaskinene til Aludyne ble kj pt inn for et lite komplekst produkt. I l pet av arene har bedriften utviklet seg. Formene (gur 1.2) og produktene (gur 1.1) har utviklet seg til verdensklasse, men maskinene har ikke endret seg.

Figur 1.2: St peform.

Utst temekanismen, som skal fjerne st pegodset fra toppformen er en eldre kon-

struksjon. Det har blitt oppdaget at utst temekanismen i noen tilfeller ikke klarera st te ut st pegodset. Bedriften har unders kt feilkilden og funnet ut hvor n yaktig utst temekanismen m a v re for a unng komplikasjoner. Aludyne har tidligere pr vd a forbedre mekanismen uten hell.

1.3 Bedriften

Aludyne Norway startet i 1996 som en underselskap av Alcoa, og har byttet navn ere ganger siden. De produserer solid og lett aluminiumsst pegods (gur 1.3) til bruk i bilindustrien med "Vacuum riserless casting". Produktene leveres til kunder som Jaguar Land Rover, Daimler, BMW, Porsche (gur 1.4), Ferrari og Bentley. Produktene de lager er av h y kvalitet og krever stor n yaktighet.

Figur 1.3: Utvalg av produkter Aludyne produserer.

Figur 1.4: Porsche Panamera med deler fra Aludyne.

På grunn av små marginer, er det viktig at alle kritiske produksjonsprosesser foregår med høy presisjon. Produksjonsprosessen deres er i stor grad automatisert og høyteknologisk. Aludyne har vært konkurransedyktig på verdensmarkedet i flere tiår.

1.4 St pemaskin og Prosess

St pemaskinen er en modi sert versjon av den Aludyne brukte ved oppstart av bedriften. St rrelsen på maskinene er som vist på gur 1.5. Videre i oppgaven vil vi ta utgangspunkt i koordinatsystemet som vises i gur 1.6.

Formen fylles med aluminiumssmelte ved hjelp av vakuum-teknologi. Smelten suges opp fra digelen, og inn i formen. Etter at st pegodset har st rknet, initierer maskinen utst tesyklusen. Fora l sne godset fra bunnformen l ftes toppformen ved hjelp av maskinens l ftesystem. Siden delen sitter fast i toppformen, vil den komme lett ut av bunnformen. Deretter vil utst temekanismen dytte godset ut, samtidig som en robotarm tar det imot, og st pesyklusen er fullf rt.

Hver st pesyklus tar rundt tre minutter, og produksjonen kj res kontinuerlig fra mandag til fredag. Helgene er reservert til vedlikehold av maskinen og st peformen.

Aludyne produserer forskjellige produkter, og hvert produkt har egen st peform. Store produkter har en form for seg selv, ved mindre produkter kan det bli st pt re om gangen i en form. En mer teknisk detaljert beskrivelse av maskinen kommer

i Del II.

Figur 1.5: Maskinens ytre dimensjoner.

Figur 1.6: Koordinatsystemet til maskinen.

(b) Sett overfra.

(a) Isometrisk.

1.5 Læringsmål

Gruppens ønske med bachelorprosjektet er å generere praktiske kunnskaper innenfor ingeniørfaget. Studieretningen konstruksjonsteknikk har fokus på produktutvikling, og gruppen vil sette de teoretiske ferdighetene sine til et praktisk formål. Læringsutbyttet som gruppen skal oppnå gjennom denne bacheloroppgaven er basert på læringsmålene fra BlackBoard:

- Kunnskap - kandidaten skal ha inngående kunnskaper og ferdigheter fra ere fagområder i studiet og benytte disse, samt gjøre selvstendig fordypning der det er nødvendig.
- Problemforståelse - Kandidaten skal kunne identifisere, formulere og løse relevante problemer i maskiningeniørens virkefelt, og dermed kunne fungere på en god måte som ingeniør i arbeidslivet.
- Styring og prosjektledelse - kandidaten skal tilegne seg ferdighet i prosjektstyring ved gjennomføring og dokumentasjon av et prosjektarbeid.

1.6 Prosjektets begrensninger

Vi har ere praktiske begrensninger, som kan deles i to kategorier: mangel på data og manglende muligheter til å teste løsningene i praksis.

Manglende problemdata

Avviksdata er begrenset til målinger av en spesikk gang problemet oppstod, og en video av utstøtefeilen. Vi har ikke data på hvor stor kraft utstøtemekanismen trykker på støtpegodset med, hverken under riktig eller feil utstøting.

Teoretisk oppgave

Vårt bachelorprosjekt er en teoretisk oppgave. Vi skal ikke gjennomføre praktiske tester av konseptet vi utvikler. Eventuell installering og endelig implementering av konseptet er utenfor prosjektets tids- og ressursrammer. Testing og vurdering av konsepter vil derfor bli begrenset til utregninger og DAK-simulering.

2. Om oss

Henrik Meyer Solhaug (v)

Henrik liker kreative aktiviteter som tegning, maling og musikk. Han har også alltid vært fascinert av mekanismer som \bare funker", Lego Technic for eksempel. Faglig sett liker han design, matematikk og fysikk. Han planlegger å bygge videre på utdannelsen med en master i produktutvikling.

Jan Erik Schopmeier (h)

Han er interessert i det tekniske i biler og skrur på sin egen veteranbil. Faglig liker han komplekse logiske problemer, og har tenkt å gå videre på master i kybernetikk.

Ivan Gushkov (m)

Ivan er interessert i musikk og matematikk. På fritiden spiller han bassgitar, liker å trene og leser sci- bøker. Ingeniørfaglig er han spesielt interessert i hydraulikk og robotikk. Han elsker regresjonsanalyse, og har tenkt å gå videre med automatisering.

3. Metoder

3.1 Produktutvikling

Til utviklingen av utst temekanismen bruker vi en systematisk produktutviklings-prosess. Modeller for produktutvikling deler seg inn i deskriptive, og preskriptive. Vi har valgt a jobbe med den deskriptive produktutviklingsprosessen til French (1999, som sitert i Cross 2008, s.30-31). Figur 3.1 viser French sin modell, med faser og innhold tilpasset v art prosjekt. Den originale produktutviklingsmodellen til French nnes i vedlegg 22.1.

Som andre deskriptive PU-modeller, er v ar modell l sningsorientert. Fremgangsm aten g ar ut p a kjapt komme i gang med generering av konsepter og gjennom dette ut-vikle forst else for problemet. Selv om fasene er plassert i en spesi kk rekkef lge, vil ere faser skje samtidig. Analyse av problem, konseptgenerering, utvikling, og sammenligning kj res parallelt i en tilbakekoblings-sl yfe som skal s rge for at pro-blemstillingen og l sningsrommet er s a godt utforsket som mulig. Problemstilling og l sning utvikles i takt, i en eksibel systematisk prosess. Rapporten er en line r representasjon av denne sirkul re prosessen.

Figur 3.1: Produktutviklingsmodellen som gruppen f lger.

3.1.1 PU-metoder

PU-Journal

Vi skal aktivt ta i bruk en produktutviklingsjournal, ogsa kalt PU-journal. PU-journalen er en samling av all informasjon, notater, gurer og arbeid som gruppen har generert i forbindelse med bachelorprosjektet, alt fra data ler til skisseringer pa ark. Hensikten med en PU-journal era oversiktlig sortere og dokumentere alle dataene. Var PU-journal strekker seg over tre programmer, OneDrive (ldeling), Overleaf (rapportskriving og m tereferater) og OneNote (notater og konseptutvikling), i tillegg til alle fysiske no-

tater. Det sammensatte innholdet av alle disse utgj r PU-journalen.

Idemyldring

Idemyldring er en kreativ prosess hvor et stort antall ideer og konsepter genereres i h yt tempo. Fokuset er pa a stimulere kreativiteten med godt hum r. Det er ikke lova kritisere ideene, og det er underforstatt at nesten alle ideer kommer tila bli forkastet. Idemyldring er som oftest det f rste steget i konseptgenerering.

Kravspesi kasjoner

I samarbeid med oppdragsgiveren utarbeides det en liste med kravspesi kasjoner. Disse er entydige krav til produktets ytelse, og ikke til hvilke teknologier produktet utnytter seg av. Kravspesi kasjoner begrenser frihetsgradene for utviklingen. Vi bruker kravspesi kasjonene aktivt i utviklings- og detaljeringsprosessen.

(Cross 2008)

Evalueringsmetoder

Fora tre e gode valg i prosjektet benytter vi oss av utarbeidede valgmetoder.

- Sjekkliste : En av de mest brukte metodene er en sjekkliste. Det lages da en liste med faktorer som er vesentlig for prosjektet. Er alle kravene oppfylt, antar vi at ideen er godkjent. Dette er en enkel evalueringsmetode som brukes fora grovt sortere ut lovende ideer.
- Prioritetsvurdering av alternativer : Katogerier bestemmes, og man evaluerer disse opp mot hverandre fora nne viktighetsgraden av hver kategori.For dette brukes vurderingsskalaen for AHP (Analytic Hierarchy Process) som g r ifra 1: uviktig, til 9: absolutt dominans (Saaty 1982, som sitert i Rostad s 2014, s.121). Videre vurderer man hvordan hver valggjenstand oppfyller de forskjellige kategoriene, for sa beregne total prioritet for alternativene.

  Vurderingsmetoder er tatt fra sst.

3.2 Inspeksjon av maskin

Vi har unders kt og inspiesert maskinen pa re mater.

- DAK ler av maskinen.
- Fullstendige maskintegninger av maskinen.
- V rt fysisk p stedet og foretatt m linger.
- Video av feil utst ting.

Gruppen har f tt dekket to reiser til Farsund under bachelorprosjektet for a samle n dvendig informasjon (grunnet COVID-19 resulterte dette i en reise).

P stedet har vi f tt et bedre inntrykk av maskinen og dens st rrelse og virkem te, f tt svar p en rekke sp rsm l, og foretatt m linger.

Simulering og modellering

For simulering av utst temekanismen, og modellering av deler og komponenter vi utvikler bruker vi Solidworks . Solidworks simuleringer utf rt i oppgaven tar utgangspunkt i kraftverdier vi beregner for hand, samt opplagringer p bakgrunn av statikk teori.

For simulering og modellering av hydraulikk bruker vi FluidSim . Vi bruker dette programmet for a tegne kretser, og simulere logikken til kretsene.

3.3 Sikkerhet-og Dimensjonerinsprinsiper

Vi f lger sikkerhetssjekklisten i verkt ykasse 28 av Produktutvikling av Mette Mo Jakobsen (Jakobsen 2009).

1. Vi forholder oss til lovverk der disse dekker faresituasjonene.
2. I tilfeller hvor standarder ikke gjelder/ nnes, vurderer vi faresituasjoner som kan oppst , med sjekklister
3. Innf rer tiltak basert p erfaring.

Ved bestemmelse av dimensjoner av komponenter brukes det tilstrekkelige sikkerhetsfaktorer, nyttelastfaktorer og materialfaktorer. St rrelsen p disse vurderes i forhold til standarder og generelle erfaringsverdier.

4. Rapportens disposisjon

Rapporten er strukturert for å lede leseren gjennom prosjektarbeidet. Det skal være mulig for en som ikke har jobbet med prosjektet å se grunnlaget for alle valg og beslutninger som gruppen tar. Rapportens deler og deres innhold er som følger:

Del	Innhold
I - Innledning	Innledende del som gir bakgrunn og motivasjon for prosjektet og rapporten, samt oversikt over metodikken.
II - Beskrivelse av system og problem	Beskrivelse og analyse av systemet og problemet, og utarbeidelse av produktkravspesifikasjoner. Dette gir bakgrunn for produktutviklingsprosessen.
III - Utvikling	Produktutviklingsdelen, hvor konsepter genereres, utvikles og veies opp mot hverandre på bakgrunn av krav og funksjoner som er utarbeidet sammen med bedriften. Et konsept fortsetter videre til del åre.
IV - Detaljering	Utforming, konfigurasjon og dimensjoner for ledende konsept utarbeides. Konseptet blir en funksjonsmodell.
V - Diskusjon, konklusjon og videre arbeid	Delen hvor gruppen konkluderer produktutviklingsprosessen og diskuterer rundt resultatene, metodikken og prosjektet.
VI - Teori og Teknologi	Informasjon om sentrale teknologier for ledende konsepter, og syntese av den tekniske teorien leseren trenger for å forstå rapporten og kunne følge med på argumentasjonen.
VII - Vedlegg og Kilder	Vedlegg til, og kilder brukt i prosjektet

Tabell 4.1: Rapportens disposisjon.

Del II

Beskrivelse av system og problem

5. St pemaskinens komponenter og deres funksjoner

St pemaskinen best r av en rekke deler. Her forklarer vi plasseringen og funksjonen til de mest sentrale og relevante delene. Plasseringene tar utgangspunkt i DAK ler tt fra Aludyne. Fulle maskintegninger av utst temekanismen kan ses i vedlegg 22.4 til 22.11. I denne delen blir forkortelsen FIUP introdusert, som st r for formintegrert-utst teplate.

Utst tesylinder

I kjernen av utst temekanismen sitter utst tesylinderen (1). Den er festet p toppen av den b rende platen med re M42 skruer. Sylinderen yter kraften i utst teprosessen. Den er bestilt med en nominell stempeldiameter p 10 [inch] (250mm) og en slaglengde p 4 [inch] (100mm). Det blir tilf rt et trykk p 80 [bar] fra hydraulikkanlegget.

Figur 5.1: Utst tesylinderen.

Utst teplaten

Sylinderen er koblet direkte til utst teplaten (3) med en ens (2) som er festet med atte M20 skruer. Den fungerer som et mellomledd hvor den overf rer kreftene videre p a FIUP med atte pinner (4). Hver av pinnene er festet til utst teplaten med passbolter av orden M48 H7. Det hele blir stabilisert av guidesystemet.

(b) Utst teplaten fra undersiden.

(a) Sylinder og Utst teplate.

Guidesystemet

Guidesystemet best ar av re stenger (5) som er festet i utst teplaten rundt sylinderen vha. en presspasning. Stengene g ar gjennom den b a platen, og holdes sentrert med hylser (7). De er ogs a festet til en ramme (6) med en vertikal M24 skrue i hver guidestang. Rammen avstiver stengene i forhold til hverandre. Systemet skal sikre at utst teplaten er vannrett under bevegelse i h yderetning ved utst ting.

(a) Guideramme, guidestenger og hylser i systemet.

(b) Guidesystemet sett ovenfra.

Den utsvingende platen

Den utsvingende platen (8) er innfestningspunktet til FIUP. Den har frihull som pinnene (4) til utst teplaten kan gå gjennom og trykke på FIUP. Den er festet til utsvinge-armene og er en del av utsvingsystemet.

Figur 5.4: Den utsvingende platen.

(a) Utsvingende platen sitter under utst teplaten.

(b) Den utsvingende platen og utst temekanismen sett fra siden.

Utsvingende system

Det utsvingende systemet er to sylindere (9) som ligger i y-retning på den bå platen, den utsvingende platen er festet i de gule armene (10) (5.5a). Toppformen er også festet i denne platen . Systemet brukes for å svinge ut toppform for vedlikehold og fjerning av toppform (5.5b)

Figur 5.5: Det utsvingende systemet.

(a) Utsvingende-sylindere og armer.

(b) Systemet i full (ut)sving.

St pemaskinens struktur - Den bøyde platen

Den bøyde platen (12) er st pemaskinens hovedstruktur. I den festes utst tesylinderen, utst teplaten og det utsvingende systemet. Den kan kj res opp for åpne formen og svinge ut toppform.

(a) Den bøyde platen.

(b) Den bøyde platen sett ovenfra.

L ftesystem og resten av maskinen

To synkroniserte sylindere (13) l fter og senker den bøyde platen. Fire strukturelle elementer (15) går gjennom hj rnene av den bøyde platen. En annen ramme kobler disse sammen (14). Digelen (16) ligger under alle andre komponenter.

Figur 5.7: Resten av maskinen.

Den formintegrerte utst teplaten - FIUP

FIUP, den formintegrerte utst teplaten, er en plate unik for hver av de forskjellige st peformene og er en del av toppformen. Deatte pinnene til utst teplaten trykker pa FIUP, og den fordeler videre kraften pa utst tepinnene i st peformen. Disse trykker direkte pa st pet, og s rger for utst ting.

Nar utst temekanismen ikke trykker pa FIUP, gar den tilbake til normalposisjon ved hjelp av fj rretur. FIUP og formen kan ses i gur 5.8.

Figur 5.8: Bilde av hele formen og FIUP.

Figur 5.9: Utsnitt av hydraulisk krets som viser trykkreduksjon til utst tesylinder.

Hydraulikkanlegget

Maskinens hydraulikkanlegg består av to aksiale stempelpumper som fyller en akkumulatorbank på 240 [bar]. Akkumulatorbanken tilfører maskinens hydraulikksystem med 150 [bar]. Dette er tilgjengelig trykk til alle hydrauliske systemer som utstøtesystemet, løftesystemet til den bærende platen, og det utsvingende systemet.

Utstøtesylinderen blir tilført 80 [bar] fra hydraulikkanlegget. Reduksjonen fra 150 [bar] skjer ved hjelp av en trykkbegrensningsventil som vises i figur 5.9 med rød firkant. Veien trykket går, leses som rød strek.

Komponentoversikt

#	Navn	Beskrivelse
1	Sylinder	Kraftkilden til utstøtemekanismen
2	Flens til sylinder (22.6, 22.7)	Kobler #1 til #3
3	UP (22.10)	Fordele kraften til de åtte pinnene (#4)
4	Pinner (22.9)	Overføre kraften til #11
5	Guidestenger (22.8)	Kobler #3 til #6
6	Guideramme (22.11)	Avstiver utstøtemekanismen
7	Hylser (22.5)	Skal sikre at #5 går rett
8	Utsvingende-platen	Formen er festet til den
9	Utsvinge-sylinder	Svinger ut form for vedlikehold ol.
10	Utsvinge-ledd	Kobler sammen 8 og 9
11	FIUP	Fordele kraften fra de åtte pinnene på støpegodset
12	Bærende platen	Hovedstruktur som UM festes til
13	Løfte hydraulikk	Løfter/senger #12 og alt som er festet til den
14	Maskinramme	Bærende konstruksjon for #13
15	Strukturelle elementer	Sølen som #14 står på
16	Digel	Her kommer smelten fra

Tabell 5.1: Komponentoversikt (med linker til vedlegg av maskintegninger til utstøtemekanismen). Exploded view av maskinen kan finnes i vedlegg 22.3

6. St pesyklus

Figur 6.1: Rett f r produktet st tes ut, robotarm tar imot st pet.

Maskinens st pesyklus er satt sammen av seks steg:

1. Formen fylles med aluminiumssmelte ved hjelp av VRC.
2. Nar st pet er tilstrekkelig st rknet,apnes formen.
3. En robotarm plasserer seg under toppformen fora ta imot st pegodset.
4. Utst temekanismen trykker godset ut av formen slik at robotarmen kan ta det imot (se gur 6.1).
5. Roboten fjerner st pegodset og viser den til operat r for visuell inspeksjon.
6. Formen lukkes, roboten gar tilbake til normalposisjon og maskinen er klar for en ny syklus.

En st pesyklus tar omtrentlig 270 sekunder. Om ingen feil oppstar gar maskinen

kontinuerlig seks dager i uka. Dette betyr at maskinen omtrentlig utf rer 3000 syk-luser per planlagte stopp.

7. Analyse av problem

7.1 Problemstilling

Ved feil utst ting, kan st pegodset kile seg i formen og st tes ut skjevt.

Arsaken til utst tefeil er kompleks asymmetrisk geometri av bade form og produkt, som resulterer i asymmetrisk friksjonsareal (se gur 7.1). Friksjonskraftforskjellen gir skjev kraftfordeling pa utst teplaten, noe utst tesystemet ikke klarer a kompensere for, som resulterer i feil utst ting og kan skade av bade produkt og form.

Den problematiske friksjonskraften er st rst ved oppstart, slitt form, eller ved stopp av produksjonsprosessen, hvor st pet kj ler seg ned i formen.

Figur 7.1: Forenklet prinsippskisse av formens asymmetriske geometri og friksjons- ater.

Utst teprosessen kan havne i en ond sirkel om feil oppstar, hvor videre utst ting f rer til videre kiling og st rre ujevnheter. Dette de nerer vi som kritisk utst tefeil .

Mer detaljert beskrivelse av riktig og feil utst teprosess, samt et spesi kt tilfelle av kritisk utst tefeil kommer under 7.3.

Utst tefeil f rer til et lavere produksjonsvolum og mer vedlikehold av formen, og i noen tilfeller at st pet sitter fast i formen. Nar st pet sitter fast i formen opplever bedriften hengetid, som resulterer i stans av produksjonslinjen. Fora a f produktet ut av formen ved en slik hendelse er operat ren n dt tila ty til en manuell prosedyre fora a ut st pet. Dette l ses veda varme opp st peformen, og er en tidkrevende prosess.

Selve st peformen og FIUP er utenfor arbeidsomradet for denne oppgaven, siden de ligger under en fortrolighetsavtale. Vi skal kun se pa mater utst temekanismen kan kompensere for den ujevne kraftfordelingen pa. Siden vi ikke har tilgang til formen og FIUP, to komponenter som er unike for hver maskin, skal mekanismen l se problemstillingen for en generell st pemaskin.

E ektmalet til oppgaven era utvikle en funksjonsmodell utst temekanisme som uavhengig av friksjonskraftfordeling sikrer jevn nedgang av FIUP, slik at vi kan forebygge skade av st pegodset, st peformen, og eliminere hengetid. Resultatmalet er en forbedret utst temekanisme.

7.2 Malinger gjort av Aludyne

Aludyne har gjort kontrollmalinger av st pemaskinene sine. Malingene ble gjort 6. april 2018 og 16-17. oktober 2019. Malingene ble gjort med en Zerotronic inclination sensor, som har muligheten til a male vinkelavvik mellom komponenter. I rapportene av malingene star det at varmepavirkningen fra st peformen kan pavirke malingene, men at det er en god indikasjon pa hva som skjer under utst ting/feil utst ting. Malingene ble gjort av Per Skaug, ansatt hos Aludyne.

I rapporten fra malingene fra oktober 2019 skriver Skaug at et avvik h yere 0,7 [mm/m] kan f re til problemer. Vi har a tt bekreftet dette tallet i m te med Melvin Bryggesa og Ola Brunvold (22). Tallet er basert pa beregninger av Skaug, og tar hensyn til st peformens geometri og slippvinkler.

7.3 Analyse av video fra Aludyne

Ideell utstøteprosess

Ved en riktig utstøteprosess vil sylinderen trykke på utstøteplaten og FIUP vil gå jevnt ned i forhold til horisontalplanet, de nert som planet parallelt med formen. Se figur 7.2: Aluminiumdelen støtes ut uten å kile seg, godset vil gå roboten uten dimensjonsavvik, og støpeformen blir ikke skadet.

Figur 7.2: Skjermdump fra video av riktig utstøteprosess hvor FIUP er parallell med formen.

Feil utstøteprosess

Ved feil utstøtning sitter støpegodset mer fast i formen enn vanlig. På figur 7.3 ser vi resultatet av ujevn friksjonskrefter, som fører til en tydelig ujevnhet av FIUP. Ujevnheten kan være grunnet enten bøyning av platen, vinkling av platen eller mest sannsynlig en kombinasjon av de to. Vi anser tilfellet i videoen som kritisk utstøtefeil, ettersom sylinderens kraftpåvirkning fører til et større avvik, og videre kiling.

Figur 7.3: Skjermdump fra video av feil/skjev utst tning

Det eneste som kompenserer for ujevnheten i dagens mekanisme er guidestengene og guiderammen. Kraftpavirkningen fra stempelet pa utst teplaten er sentrert, sa det er ingen aktive komponenter, men heller passive komponenter som kompenserer for avviket. En matematisk modell og videre analyser av hvilke komponenter av guidesystemet som svikter kommer videre i kapittelet.

I verste fall kan vinkling av FIUP som et resultat av vinkling og b yning av utst teplaten, lede til kritisk utst tefeil . I f lge Aludynes data vil dette skje nar ujevnhetene er st rre enn 0,7 [mm/m] i forhold til horisontalplanet.

7.4 Lastanalyse

Veda framstille problemet matematisk nsker via nne ut hvordan problemet utspiller seg i mekanismens komponenter. Ut ifra det kan vi nne ut hvorfor dagens mekanisme svikter, og hvilke faktorer en ny konseptl sning ma ta h yde for.

7.4.1 Antakelser og forenklinger

Last

Aludyne krever at det nye systemet skal kunne yte tilsvarende kreft som i dag. Hydraulikkanlegget tilf rer 150 [bar] til utst temekanismen, men det blir redusert til 80 [bar] f r sylinderen. Vi velgera gj re en konservativ beregning hvor tap i r r og andre komponenter i systemet neglisjeres og det regnes med at trykkfallet over sylinderen er 80 [bar]. Kraften som sylinderen p af rer p a midten av utst teplaten blir da:

Figur 7.4: Trykkfall over sylinder resulterer i kraften.

$$A = \frac{d^2}{4} \tag{7.1}$$

$$F = A \quad P \quad _{hm} \quad 353 \text{kN} \tag{7.2}$$

A = stempelarealet [mm^2]

d = stempeldiameter [mm]

P = trykkfall over komponent [bar]

$_{hm}$ = antatt hydromekaniskvirkningsgrad

Vinkling og avvik

Vi antar at vinkling og avvik av FIUP tilsvarer avvikene som oppst ar i utst teplaten. Dette tar utgangspunkt i at to horisontale plan som dytter p a hverandre vil holde seg parallelle ved vinkling. M alet om [0,7 mm/m] (9.2) gjelder for FIUP. Denne antakelsen medf rer at vi oppn ar m alet i FIUP ved a oppn a m alet i utst temekanismen. P a denne m aten kan lastanalysene forenkles til a inkludere bare utst temekanismen.

Toleranser

Vi antar et tilfelle for st rst mulige relevante toleranser i studiene. Toleransene er hentet ut fra de komplette maskintegningene fått ifra Aludyne. Relevante tegninger er i vedlegg 22.4 til 22.11.

7.4.2 Analyse

Mål for analysen, og hensikten med målene:

- Ved hvilken kraftpåvirkning overskrider utst teplaten et avvik på 0,7 [mm/m]? Dette vil fortelle oss hvor stor kraftforskjell mellom sidene mekanismen kan kompensere for ved kiling, uten å skape kritisk utst tefeil . Vi anser dette tallet som kompensasjonskraften til utst temekanismen.
- Finne sammenhengen mellom forskjellige kilemodus. Vi ønsker å finne sammenhengen mellom de forskjellige aksene for å finn ut hvilket kilemodus (se 7.4.2) som er mest kritisk.
- Finne de svake komponentene i dagens mekanisme. Vi ønsker å vite hvilke komponenter som har st rst påvirkning på avviket.

Solidworks

Innledningsvis ser vi på mekanismen i Solidworks, som ble sett med ikke lineære studier.

Figur 7.5: Opplagring ved kilemodus #1.

Analysen baserer seg på kiling i formen. Dette forklarer vi som en fast opplagring på utst teplaten, og krefter på f rt ved festet til den hydrauliske sylinderen, slik som vist i gur 7.5. Motkreftene som oppst ar ved den faste opplagringen på utst teplaten vil fungere som friksjonskreftene som oppst ar i formen. Disse opplagringene tar utgangspunkt i verst mulig tilfelle av kiling, alts a nar kun en side sitter fast, og motst aende side kan bevege seg fritt nedover.

I gur 7.5 kan man se et mellomrom mellom hylse og utst teplate. Denne posisjonen tar utgangspunkt i nar FIUP f rst kommer i kontakt med st pegodset. F rste kontaktpunkt regner vi som det mest kritiske. I samtale med Aludynes ansatte har vi ogs a f att h re at dette er punktet hvor jevn utst ting er viktigst.

Det er blitt gjort forenklinger på geometrien til utst temekanismen slik at den enkelt kan simuleres med Solidworks. Noen forbindelser er ogs a forenklet slik at Solidworks lettere kan simulere hendelsen.

Fullstendig opplagring med verdier nnes i vedlegg 22.15.

Figur 7.6: Figur av kvadranter i st peform (st pet er kun et eksempel).

Vi kj rer tre forskjellige sett av studier, med tre forskjellige modus av kiling, som vi anser som mest kritiske:

1. kilemodus #1: Utst teplate festet i utst tepinner på ytterkant i x-retning (Kiling i kvadrant 1 og 3 som vist i gur 7.6, opplagring i solidworks vises i vedlegg 22.12).
2. kilemodus #2: Utst teplate festet i utst tepinner på ytterkant i y-retning (Kiling i kvadrant 1 og 2 som vist i gur 7.6, opplagring i solidworks vises i vedlegg 22.13).
3. kilemodus #3: Utst teplate festet i utst tepinne på ytterkant i xy-plan (Kiling i kvadrant 1 som vist i gur 7.6, opplagring i solidworks vises i vedlegg 22.14).

Tilfelle #1 tar for seg antatt kritisk akse, tilfelle #2 viser oss hvordan ikke-kritisk akse påvirkes, og tilfelle #3 tar for seg diagonalaksen.

Studiene blir gjennomf rt ved lasttilfeller fra 20 [kN] til 353 [kN] (sylinderens maksimale kapasitet). Figur 7.7 er en representasjon av datasettene fra studiene gjort med regresjonsanalyse.

Figur 7.7: Graf som viser sammenheng mellom kraft og avvik, ved kilemodus #1, #2 og
hyperref[kilemodi3]#3, og kritiske verdier ved forskjellige kilemodi.

Vi ser at avviket endres line rt med endring i kraft ved både kilemodus #1, og #2. Avviket på 0,7 [mm/m] oppstår ved omtrentlig 50 [kN] ved kilemodus #1, og

ved omtrentlig 120 [kN] ved kilemodus #2. Dette forteller oss at y-aksen er en godt avstivet akse i forhold til x-aksen.Kritisk utst tefeil oppsa r antakelig ikke som et produkt av kiling langs y-akse.

Ved kilemodus
hyperref[kilemodi3]#3 oppsa r avviket pa 0,7 [mm/m] ved omtrentlig 36,5 [kN]. Ut ifra resultatene leser vi at kilemodus
hyperref[kilemodi3]#3 som det mest kritiske tilfellet. Vi anser ogsa mekanismens kompensasjonskraft til a v re 36,5 [kN].

Veda analysere et stressplott kan vi se hvordan spenningene forplanter seg i komponentene. Figur 7.8, 7.9, og gur 7.10 viser relevante stressplott. R d farge indikerer spenninger, mens bla farge indikerer frav r av spenninger. Merk at alle plottene har en visuell deformasjon 30 ganger st rre enn virkeligheten.

Figur 7.8: Stressplott av utst teplate ved 50 [kN], kilemodus #1.

Figur 7.9: Stressplott av guideramme ved 50 [kN], kilemodus #1.

Vi kan identi sere b yespenninger veda se at materialet har spenningskonsentra-

sjoner på under- og oversiden av komponentene. Vi ser et tilfelle av dette i figur 7.8, og vi kan lese at utst teplaten opplever store bøyespenninger. I figur 7.9 kan vi også se at guiderammen opplever bøyespenninger ettersom denne delen har en liknende spennings-modi. Merk at de store rød de områdene på guiderammen som vist i figur 7.9, kommer av tiltrekkingsmomentet til M24 skruene (tiltrekkingsmoment lik 4200 [Nm], tatt fra maskintegning i vedlegg 22.4).

I figur 7.9 ser vi også at guidestengene opplever bøyespenninger på oversiden av hylsene, dette ser vi derimot ikke på undersiden av hylsene (7.8). Vi ser også at guidestengene opplever aksial kompresjon.

Figur 7.10: Stressplott av mekanisme ved 36,5 [kN], kilemodus #3.

Vi får veldig like resultater ved kilemodus #3 (som vist i figur 7.10) som ved kilemodus #1. Dette forteller oss at komponentene oppfører seg relativt likt ved forskjellige kilemodi. Vi antar at den lavere kapasiteten ved kilemodus #3 skyldes lenger arm fra fastholdning til kraftpåkjenning. Mekanikk forteller oss at utst teplaten også vil oppleve torsjonsspenninger ved kilemodus #3.

Figur 7.11: Deformasjonsplott av mekanisme ved 50 [kN], kilemodus #1.

Et deformasjonsplott som vist i 7.11 (rød farge indikerer ingen forskyvning, blå farge indikerer forskyvning), viser oss at hylsene ikke deformeres betraktelig, og derfor ikke har en effekt på avviket.

Vinkling som et produkt av toleransefeil

Utregning av vinkling er en trigonometrisk beregning som tar hensyn til toleranse-avviket som kan oppstå mellom hylsene og guidestengene 22.2. Vinkling som oppstår grunnet toleranser gir et avvik på 0,0056 [mm/m]. Dette forteller oss at toleransefeil har liten til ingen påvirkning på avviket.

7.5 Resultater av lastanalyse

Figur 7.12: Figur 7.7: Graf som viser sammenheng mellom kraft og avvik, ved kilemodus #1, #2 og #3, og kritiske verdier ved forskjellige kilemodi.

Vi kaller kraften mekanismen kan yte utenå overgå 0,7 [mm/m] avvik, for mekanismenskompensasjonskraftVi ser at dagens mekanisme har en lavkompensasjonskraft. Det er fare for at kritisk utstøtefeil oppstår ved kiling ved ujevne friksjonskrefter større enn 36,5 [kN], som er omtrentlig 10% av den hydrauliske sylinderens kapasitet.

Vi ser også at kilemodus #2 (y-akse) ikke er problematisk, ettersom mekanismen har en kompensasjonskraftI en annen størrelsesorden i denne retningen. Vi antar derfor at mekanismen er godt nok dimensjonert i y-retning per idag.

Det eneste som sikrer rett utstøting i dagens mekanisme er guiderammen til mekanismen. Vi ser fra solidworksanalyse at guiderammen ikke klarerå absorbere nok av bøyespenningene som oppstår i utstøteplaten, som resulterer i utbøying av utstøteplaten, og et uakseptabelt avvik.

Det er ingen aktive komponenter som absorberer momenter i mekanismen. Sylinderen i dagens mekanisme trykker på midten av utstøteplaten. Dette betyr at endring i kraftpåvirkning ikke kan absorbere momenter som oppstår på utstøteplaten grunnet

ujevne friksjonskrefter i formen.

Avviket og problemet oppstår først i formen og FIUP. Det er kun utstøtemekanismen som inngår i oppgavens arbeidsområde, så vi prøver å kompensere for et problem, i motsetning til å hindre at problemet oppstår. I essens mener vi at vi kan kompensere for dette om alle punkter på utstøtteplaten beveger seg med lik hastighet, men variabel kraft.

7.6 Varmeutvikling i maskinen under drift

Under drift av støpemaskinen genereres det mye varme fra smelten. Dette fører til relativt høye temperaturer. Under besøket hos Aludyne gjorde vi to sett med temperaturmålinger av maskinen: et sett for toppsiden av den bevegelige platen og ett sett på undersiden av utstøtteplaten. Målingene ble gjort under kort stopp i drift ved hjelp av et infrarødt termometer. Målepunktene er jevnt fordelt, for å få et godt anslag på gjennomsnittstemperaturen. Under samtale med operatør ble vi fortalt at temperaturene antakelig er 10% høyere under drift. Målingene vises i tabell 7.1.

Målepunkt	Utstøteplate	Bevegelig plate
I	68	44
II	72	48
III	75	-
IV	70	-
V	73	-

Tabell 7.1: Målinger av temperatur i °C.

7.7 Økonomisk dimensjon

Fra møte #48 (22/04) fikk vi opplyst at vrakprosent relatert til dramerker og dimensjonsfeil (en konsekvens av kiling i toppformen) ligger på 1-2%, noe som resulterer i et verditap på opp mot 900.000 kr per år, per maskin. Dette er det økonomiske forbedringspotensialet til utstøtemekanismen.

Men de økonomiske konsekvensene av utstøtefeil omfatter ikke bare vrak av produkt. Som diskutert tidligere, kan kritisk utstøtefeil føre til at støpegodset tilbake henge fast i formen.

Den gjennomsnittlige hengetiden utgjorde omtrent 1.95% av produksjonstiden per uke i perioden mai 2019- mai 2020. Dette er mistet produksjonstid, som en forbedret utst temekanisme vil ha en positiv innvirkning på. Vi har derimot ikke mer data på hengetid og kan ikke ta beslutninger på grunnlag av dette.

Aludyne påstår at en utst temekanisme som sikrer rett utst ting, vil gi dem mulighet til å lage st peformer med mindre slippvinkler og mer komplekst geometri, det vil si at et avvik som åpner for kritisk utst tefeil kan bli lavere enn 0,7 [mm/m]. Slike former vil tillate produksjon av mer komplekse produkter. Dette skal vi ikke regne med som mulig økonomisk forbedring, men det kan åpne for nye muligheter for Aludyne.

8. Tekniske begrensninger

Aludyne har gitt oss en rekke tekniske begrensninger. Produktkravspesi kasjonene er i stor grad basert på disse.

8.1 Krav for integrering

Aludyne krever at konseptet for utst temekanismen skal v re integrerbar i dagens maskin.

Automatisering

Aludyne er en bedrift med h y grad av automatisering. Den nye utst temekanismen skal v re automatiserbar og kunne opereres med dagens PLS-system. Aludynes PLS-systemer er levert av Allen-Bradley.

Maskinens kon gurasjon

Maskinens kon gurasjon kan ikke endres. Ingen hovedsystemer utover utst temekanismen skal endres. Det som kan endres eller byttes ut, er begrenset til:

- Utst teplaten
- Utst tesylinderen
- Guidesystemet
- Begrenset maskinering av den bå platen og utsvingeplaten (se 8.1)

Ut ifra disse oppsa r det et klart og begrenset arbeidsområde, som beskrives i 8.2. Utst temekanismen skal tilpasses maskinen, og ikke andre veien.

Begrenset maskinering av bærende plate

Maskinens hovedstruktur, den bærende platen, kan maskineres med visse begrensninger:

- Maskineringen skal ikke treffe kritiske punkter eller svekke den bærende platens integritet.
- Maskinering kan utføres bare i Aludynes fabrikk med mobilt utstyr og skal ikke kreve demontering av den bærende platen.
- Maskineringensprosedyren skal ikke innebære at bygget, maskinen eller Farsund blir snudd på hodet.

Begrensninger for installeringsprosedyren

Under installering av ny mekanisme skal hverken den bærende platen eller løftehydraulikken måtte demonteres.

8.2 Begrensninger i arbeidsrommet

Figur 8.1: Maskintegning - Arbeidsrom og dimensjoner på relevante komponenter. #12 Bål plate, #9 Horisontale sylindere, #8 Utsvingeplate, #10 Utsvingearm.

Arbeidsområdet vårt de neres av hovedstrukturen til stålmaskinen og nødvendige systemer for stålmaskinens funksjoner. Sentrale dimensjoner på stålmaskinen er som vist på figur 8.1.

Hovedstrukturen til stålmaskinen er den bål platen som vist på figur 8.1. Denne delen er området vi har tilgjengelig for innfestning av utstyrsmekanismen. Mindre

maskinering av den bøyde platen er mulig så lenge det ikke svekker komponentens strukturelle integritet. Støpemaskinen har en rammestruktur plassert et stykke over den bøyde platen, men dette er ikke en begrensende faktor for utstøtemekanismen.

Systemet som svinger ut formen, begrenser arbeidsområdet og er satt sammen av tre hoveddeler som vist i figur 8.1: de horisontale sylinderne, utsvingeplaten, og utsvingearmene.

De horisontale sylinderne er plassert omtrentlig 225 [mm] over den bøyde platen, og begrenser arbeidsområdet vertikalt i høyderetning. Disse sylinderene anses som den mest sentrale begrensningen av arbeidsområdet, ettersom de er plassert i et relevant område for innfestning av aktuatorer eller andre nødvendige deler for forskjellige konseptløsninger. Mer om dette kommer i del III.

Utsvingeplaten begrenser arbeidsrommet på undersiden av den bøyde platen. Høyden på rommet mellom den bøyde platen og øvre del av utsvingeplaten er 203 [mm]. Mindre maskinering av utsvingeplaten er mulig om det er nødvendig, og ikke svekker støpemaskinenes strukturelle integritet.

Figur 8.2 og 8.3 er representasjoner av arbeidsområdet i hhv. 2D og 3D, som viser i hvilke områder vi har full frihet (grønn skravering), i hvilke områder vi kan gjøre mindre endringer (gul skravering), og hvilke områder som er totale begrensninger (rød ring).

Figur 8.2: snitt av 2D arbeidsrom med begrensninger.

Figur 8.3: Snitt av 3D arbeidsrom med begrensninger.

8.3 Levetid og vedlikehold

Omgivelsene (bruksmilj)

Utst te mekanismen er en del av en maskin som opererer i en stor mekanisk produksjon. Omgivelsene er preget av store mengder st v. Eventuelle slitasjedeler m a v re godt beskyttet fra milj et. Varmest aling fra smeltet f rer til relativt h ye temperaturer p a deler av maskinen.

Vedlikehold

Utstemekanismen skal ikke kreve planlagt vedlikehold oftere enn bedriftens store vedlikeholdsstopp, hver sjette og tolvte måned.

Tilgang for vedlikehold

Tilgang for vedlikehold kan ikke innebære at maskinens andre hovedsystemer demonteres. Disse er:

- Bøyd platen (se 5)
- Utsvingende-mekanismen (se 5)
  - Horisontale sylindere
  - Utsvingende-armene
  - Gående plate
- FIUP (se 5)
- Løftehydraulikken (se 5)

Levetid

Aludyne krever en levetid for mekanismen på 15 år. Ved 6 arbeidsdager per uke og 43 driftsuker i året vil dette tilsvare omtrent 1 186 800 sykluser, se vedlegg 22.20.

8.4 Andre krav og begrensninger

Slaglengde

Hos dagens mekanisme er det faste slaglengder for utstøting av godset. Disse varierer fra 20 til 60 [mm], og er spesifikke for hver form. Aludyne krever en minimum slaglengde for utstøtemekanismen på 60 [mm].

Hydraulisk væske

Alle hydrauliske systemer i produksjonen bruker hydraulikkvæsken Houghto-Safe 620. Den er en vannglykol som gir bedriften en balanse mellom brannsikkerhet og smørevne. Alle hydrauliske komponenter i et konsept skal kunne operere med denne

v sken. For at v sken skal ha egenskapene som kreves i det hydrauliske systemet, skal temperaturen p a v sken ikke overstige 45-50 C. For mer detaljert informasjon om v sken, se gur 22.21 i vedlegg.

Reversibilitet

Konseptet skal v re reversibelt til den gamle l sningen. Det vil si at endringer av maskinen og maskineringer av den b l platen skal gj res slik at dagens utst temekanisme fortsatt er kompatibel med maskinen.

9. Grunnlag for utvikling

9.1 Funksjonsanalyse

St pemaskinen har en lang kjede av funksjoner og samspillet mellom dem gj r utf rselen av en st pesyklus mulig. Utst temekanismen er en av de siste delene i kjeden. Her skal vi de nere hvor grensen til systemet g r, hvilke funksjoner utst temekanismen skal ha, og hvordan de henger sammen.

Det som starter utst temekanismen er et PLS innsignal, og resultatet av utst teprosessen er (a) ferdig utst tt del og (b) mekanismen er klar for neste utst tesyklus.

Funksjonene utst temekanismen trenger for a utf re dette er som f lger:

- Motta og v re styrbar av PLS-innsignaler.
  - PLS systemene til Aludyne skal styre mekanismens funksjoner. Utst temekanismen skal v re integrert i systemet.
- Fordele n dvendig kraft p a FIUP.
- S rge for jevn nedgang til FIUP (aktivt eller passivt).
- Kj re en bestemt slaglengde og stoppe.
  - Slaglengden er unik for hver st peform og m a kunne velges i PLS-styringen.
- Reversere retning og stille seg inn i startposisjon.
- Holde vekten til utst teplaten og resten av utst temekanismen n ar mekanismen hviler.

9.2 Produktkravsspesi kasjoner

Pa bakgrunn av kravene beskrevet i kapittel 8, har vi utarbeidet en liste med kravspesi kasjoner. Disse har vi delt inn i mal, krav og nsker. Malet er en prestasjonsverdi utst temekanismen sikter mot, mens krav og nsker skal begrensense friheten vi har fora oppna malet.

Mal

- Tillatt avvik pa utst teplaten pa 0,7 [mm/m]. Malet anses som nadd om ny mekanisme har en h yere kompensasjonskraft enn dagens mekanisme.

Krav

- Det nye systemet skal kunne yte minst like stor total kraft som det gamle (353 [kN]).
- Mekanismen skal ha en minimumsslaglengde pa 60 [mm].
- Dersom konseptet utnytter hydraulikk, kan ikke hydraulikkv sken overstige en temperatur pa 45-50 C.
- Levetid i utgangspunktet 15 ar. Slitasjedeler byttes ved behov, evalueres mot konomi.
- Maskinering av den bla platen (eller andre komponenter tilh rende hovedstrukturen) kan kun gj res i montert tilstand. Dette betyr at maskineringen kun kan utf res av mobilt utstyr, og er derfor begrenset av kapasiteten til mobilt utstyr.
- Den bla platen, den utsvingende mekanismen og andre sentrale deler kan ikke demonteres under konseptl sningens sammensetningsprosess.
- Kon gurasjonen av maskinens andre systemer kan ikke endres som en del av konseptl sningen. Dette inkluderer komponenter som utsvingesystemet, maskinens l ftesystem og st peformen.
- Planlagt vedlikehold er begrenset av bedriftens store vedlikeholdsdatoer, som er hver sjette maned.

- Konseptet skal v re automatiserbart og kunne integreres i bedriftens PLS-struktur.
- Endringer fra gammelt utst tesystem til nytt utst tesystem skal v re reversible. Eventuell maskinering skal ikke hindre reversibiliteten.

nsker

1. Vedlikehold skal v re s enkelt som mulig (tilgang til mekanismen for vedlikehold skal ikke kreve demontering av sentrale komponenter).
2. L sningen skal v re konomisk forsvarlig. Vi har et forbedringspotensiale p 1-2% vrakst p, som resulterer i 900.000kr per r per maskin.
3. Systemet skal inneholde elementer som overv ker posisjon og jevnhet av FIUP (nske fra Aludyne).

Del III

Utvikling