

Hovedprosjekt

FORBEDRING AV GRIPER MED VENDEFUNKSJON

*English: "Improvement of gripper with
rotation-device"*

*NINA S. JOHANSEN
HÅKON STIKBAKKE*

3. MASKIN (99HINMA)

23. MAI 2002

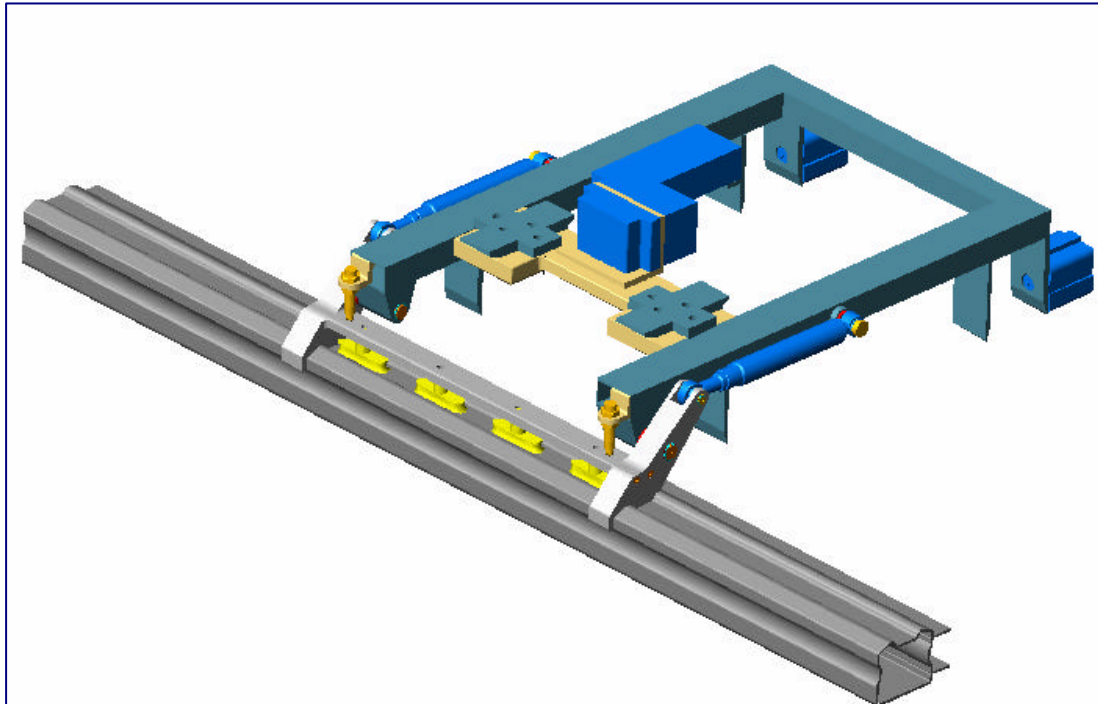


Sammendrag av hovedprosjekt

Tittel:	Forbedring av griper med vendefunksjon	Nr. :	
		Dato :	23.05.02
Deltakere):	Nina Solveig Johansen		
	Håkon Stikbakke		
Veileder(e):	Magnar Eikerol (HiG)		
	Ådne Johansen (HAS)		
Oppdragsgiver:	Hydro Automotive Structures Raufoss AS		
Kontaktperson:	Odd Perry Søvik (HAS)		
Stikkord (4 stk)	Griper, vektbesparelse, vakuum, HMS.		
Antall sider: 41	Antall bilag: 17	Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell): Åpen	
Kort beskrivelse av hovedprosjektet:			
<p>Hovedprosjektets essensielle oppgave og målsetting var å utvikle forslag til løsninger for å optimalisere vendeprosessen mellom to presser i ei støtfangerlinje ved Hydro Automotive Structures på Raufoss. Oppgaven gikk ut på å prosjektere en ny konstruksjon med tegninger, styrkeberegninger, prisoverslag, vektoverslag og lignende. I oppgavebeskrivelsen nevnte vi også at vi skulle belyse bruk av roboter, samt se på økonomiske analyser av de forskjellige utviklede konstruksjoner / løsninger.</p>			
<p>Som resultat på hovedprosjektets mål om en optimalisering av vendeprosessen, har vi utviklet en ny griper med utgangspunkt i den gamle. Den nye griperen har reduserte byggemål (tar mindre plass) i alle retninger, den er 23 kg lettere (60 % vektreduksjon) og har en helt ny gripe- og vendeanordning for griper B. De krevde funksjoner og mål er beholdt.</p>			
<p>Den nye griperen vil antakeligvis bidra til en redusert syklustid for CD-mater 1 med ca. 0.2 sekunder, noe som innebærer ca. 30 produksjonstimer årlig. Dette er bare på grunnlag av redusert vekt, men i tillegg leverer den nye griperen raskere i presse 2, noe som også vil bidra til redusert syklustid. Den nye griperen kan også starte vendingen tidligere etter henting i presse 1, dersom det er ønskelig. Det har imidlertid vist seg at flaskehalsen har forflyttet seg fra CD1 til presse 3 i løpet av prosjektet, og en reduksjon i syklustid i CD1 har derfor ingen betydning totalt sett før syklustidene reduseres i pressene.</p>			
<p>Når det gjelder bruk av roboter, så er ikke dette aktuelt mellom presse 1 og 2. På skisseringsstadiet har vi imidlertid kommet med et forslag til hvordan man kan gjøre nytte av blant annet robot til vending etter kjøleren. Dette var ikke en del av kjernen i oppgaven, og vi har derfor ikke gått i detalj når det gjelder disse forslagene.</p>			
<p>De økonomiske analysene har vi begrenset til å gjelde for den konstruerte griperen. Imidlertid er andre aspekter vel så viktig når det gjelder den nye griperen, så som sikring av HMS, færre feilkilder og mindre slitasje. Vi mener den nye griperen er bedre enn den gamle på disse områdene, samtidig som konstruksjonen ser mindre klumpete og mer elegant ut. Mye av den overflødige massen er fjernet.</p>			

FORBEDRING AV GRIPER MED VENDEFUNKSJON

English: "Improvement of gripper with rotation-device"



OPPDRAAGSGIVER:

**HYDRO AUTOMOTIVE STRUCTURES
RAUFOSS AS**

VEILEDERE I HYDRO:

**ODD PERRY SØVIK
ÅDNE JOHANSEN**

VEILEDER VED HIG:

MAGNAR EIKEROL

DELTAKERE:

**NINA S. JOHANSEN
HÅKON STIKBAKKE**

KLASSE:

3. MASKIN (99HINMA)

INNLEVERINGSFRIST:

23. MAI 2002



Forord

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med hovedprosjekt i 3. maskin ved Høgskolen i Gjøvik våren 2002. Rapporten tar for seg prosjektets mål, prosjektets ulike faser på vei mot målet, samt en grundig beskrivelse og drøfting av resultatene.

Prosjektets oppdragsgiver er Hydro Automotive Structures Raufoss AS. Bedriften er leverandør av bildeler til flere kjente bilmerker, og er også partnerskapsbedrift til HiG. Oppgaven har tilknytning til en relativt ny støtfangerlinje på Raufoss.

Vi ønsker å rette en takk til vår veileder ved høgskolen, studieleder Magnar Eikerol, for å ha bidratt med generelle retningslinjer og oppmuntrende ord! Videre ønsker vi å takke vår kontaktperson ved Hydro, Dr.ing. Odd Perry Søvik, for alltid å ha hjulpet oss i forbindelse med generelle retningslinjer, samt rekvirering av utstyr i forbindelse med besøk og analyser. En stor takk rettes også til prosessleder ved avdelingen, Ådne Johansen, for hans engasjement og behjelpelighet i tekniske spørsmål, til tross for hans travle hverdag.

Det rettes videre en takk til Tess avd. Gjøvik for å ha anskaffet oss en katalog, og til Industribehov Gjøvik AS for å ha anskaffet oss diverse kataloger, samt for god kundeservice i forbindelse med ytterligere informasjon og spørsmål.

Gjøvik, den 23. mai 2002.

Nina Solveig Johansen

Håkon Stikbakke

Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING.....	7
1.1 ORGANISERING AV RAPPORTEN.....	7
1.2 BAKGRUNN FOR PROSJEKTET.....	7
1.3 PROSJEKTMÅL.....	7
1.4 OMFANG / AVGRENSING.....	7
1.5 MÅL OG MOTTAKER.....	8
1.6 GRUPPEMEDLEMMERS BAKGRUNN.....	8
1.7 ARBEIDSFORMER.....	8
1.8 TERMINOLOGIBRUK.....	8
2. PRINSIPPER – TEORI.....	9
2.1 PNEUMATIKK.....	9
2.2 KONSTRUKSJONSTEORI.....	10
2.3 FYSIKK: BEREGNING AV AKSELERASJON OG KREFTER.....	11
3. APPARATUR – UTSTYR.....	11
4. UTFØRELSE.....	12
4.1 AVGRENSNING AV PROBLEM / PROSJEKTBEKRIVELSE.....	12
4.2 FORPROSJEKT OG FRAMDRIFTSPLAN.....	12
4.3 KARTLEGGING OG INNHENTING AV DATA.....	12
4.3.1 Eksisterende griper.....	12
4.3.2 Flytdiagram.....	12
4.3.3 Profiltverrsnitt.....	13
4.3.4 Dimensjonskriterier.....	13
4.3.5 Analyse av vendeprosess.....	14
4.4 IDÈMYLDRING / SKISSERING AV FORSLAG.....	14
4.4.1 Alternativer fra skisseringsstadiet.....	15
4.4.1.1 Ulike sugekopptyper.....	15
4.4.1.2 Forslag til gripeenhet basert på vending med pneumatisk rotor.....	16
4.4.1.3 Forslag til gripeenhet basert på pneumatiske vendesyndre.....	19
4.4.1.4 Forslag til gripeenhet basert på pneumatisk ”vendearm”.....	21
4.4.1.5 Forslag til gripere i griper A (uten vending).....	21
4.4.1.6 Forslag til lager.....	22
4.4.1.7 Alternativer for første vending (etter kjøler, før tverrtransportør).....	23
4.5 KONSTRUKSJON I TRÅD MED BEREGNINGER OG KRAV.....	25
4.5.1 Beregning av nødvendig kraft i vendesyndre.....	25
4.5.2 Dimensjonering av dempere og feste til dempere.....	25
4.5.3 Dimensjonering av sugekopper / antall sugekopper.....	26
4.5.4 Beregning av nødvendig kraft i gripesyndre A.....	26
4.5.5 Kontroll av flattstål til gripere, samt sveis ved flattstål.....	26
4.5.6 Kontroll av sveis på innfestingsbrakett.....	26
4.5.7 Dimensjonering av gripeanordning, list og skrueforbindelse.....	26
4.5.8 Dimensjonering av ramme med tanke på spenninger og nedbøying.....	27
4.5.9 Visualisering av vendeprosessen.....	27
4.5.10 Generelt.....	28
4.6 DISKUSJON MED OPPDRAGSGIVER.....	28
5. RESULTATER.....	29
5.1 BESKRIVELSE AV NY GRIPER.....	29
5.1.1 Komponenter i forbindelse med vendeanordning (gripeenhet B).....	29
5.1.2 Komponenter i forbindelse med innfesting.....	31
5.1.3 Komponenter i forbindelse med signaler.....	32
5.1.4 Komponenter i forbindelse med gripeenhet A.....	33
5.1.5 Ramme.....	33
5.2 OVERFLATEBEHANDLING.....	34



5.3 VEKTBESPARENDE TILTAK.....	34
5.4 REDUKSJON AV BYGGEMÅL.....	34
5.5 PRISOVERSLAG.....	35
5.6 FORBEDRET VENDING.....	35
5.6.1 Tidligere start av vending etter presse 1.....	35
5.6.2 Raskere vending.....	35
5.6.2 Enklere levering i presse 2.....	35
5.7 ØKONOMISKE OVERSLAG.....	35
6. DISKUSJON AV RESULTATER.....	36
6.1 FORDELER MED NY GRIPER.....	36
6.2 ULEMPER MED NY GRIPER.....	37
7. KONKLUSJON.....	39
7.1 RESULTATER.....	39
7.2 EVALUERING.....	39
8. LITTERATURLISTE	40
9. VEDLEGG	41

1. Innledning

1.1 Organisering av rapporten

Vi har fulgt HiGs mal for organisering av prosjektrapporten, men enkelte avvik kan forekomme da ikke alle punkter passer med innholdet i vårt prosjekt. I kapitlet om prinsipper og teori, har vi tatt for oss den viktigste teorien som ligger til grunn for løsningen av problemet. En kort oversikt over utstyr vi har benyttet i prosjektet følger i neste kapittel. I kapitlet om utførelse, tar vi for oss prosjektets trinnvise gang fra oppstart og frem mot den endelige løsningen. Videre beskrives den endelige løsningen i kapitlet om resultater. Neste kapittel tar for seg fordeler og ulemper / usikkerheter ved den nye konstruksjonen. I konklusjonen har vi gjort en del slutninger ut fra resultatene og diskusjonen av disse.

1.2 Bakgrunn for prosjektet

I dagens presselinjer ved Hydro Automotive Structures på Raufoss, flyttes produktet fra et verktøy til et annet v.h.a. såkalte pressematere. Stort sett brukes griper med vakuumsystem i pressematere. Dette fungerer bra for produkter som har samme orientering i alle verktøyene, men når produktet ikke kan ha samme orientering hele prosessen i gjennom, starter problemene.

Behovet for vending av profilen, fører til at det er en vender på transportbåndet rett etter kjøleren. Profilen er da vendt 90° før den hentes av tverrtransportøren og transporteres bort til griperen som sitter i CD-mater 1 mellom presse 1 og 2. Griperen tar tak i profilen og beveger seg til presse 1. Der henter den opp bearbeidet profil med den ene gripeanordningen (B). Deretter leveres nyankommet profil i presse 1 av den andre gripeanordningen (A). Samtidig som dette skjer, blir profilen som er tatt ut snudd tilbake 90 grader av gripeanordning B. Her brukes mekaniske griper, og disse griperne er tunge med mange komponenter, noe som medfører økt slitasje og fare for produksjonsstopp og reparasjoner. Den vendte profilen settes deretter ned i neste presseverktøy (2) og bearbeides videre.

1.3 Prosjekt mål

Målet er å utvikle forslag til løsninger for å optimalisere vendeprosessen, redusere vekt og mengden av komponenter. Dette for å redusere feilkilder og sikre HMS. Det er ikke et mål å lage noe fysisk, men å prosjektere en aktuell løsning.

1.4 Omfang / avgrensning

Hovedvekten legges på utvikle / vurdere alternative løsninger m.h.t. vendeanordninger pressematere / cd-mater 1. Vurdere alternative pressematere med større fleksibilitet m.h.t. henting og plassering av produktet i verktøyene. I tillegg skal vi belyse bruk av roboter, samt økonomiske analyser av de prosjekterte alternativer.



1.5 Mål og mottaker

Hensikten med rapporten er å beskrive prosjektets ulike trinn mot målet, samt gi en vurdering av de ulike alternativene som har framkommet i prosjektet. Rapporten munner ut i en anbefalt løsning / konstruksjon, med en vurdering av denne.

Mottakerne er teknisk utdannet personell ved den aktuelle avdelingen i Hydro, samt lærere og studenter ved AT, HiG. Vi går ut fra at de fleste uttrykk er kjente for leseren, men spesielle ord og formuleringer vil bli forklart i en egen terminologiliste / ordforklaringsliste (Vedlegg A).

1.6 Gruppemedlemmers bakgrunn

Prosjektgruppas to medlemmer har ulik bakgrunn. Nina har flere års arbeidserfaring fra produksjonen i Hydro Aluminium Profiler AS avdeling Raufoss, før oppstart med ingeniørutdannelsen. Håkon har bakgrunn fra allmennfag og et år i kavaleriet før han startet med ingeniørutdannelsen. Av praktisk erfaring har han flere sommere hatt jobb ved Teknisk avdeling ved Oppland Sentralsykehus avdeling Reinsvoll.

1.7 Arbeidsformer

Under hele prosjektløpet har vi hatt jevnlig kontakt med oppdragsgiver, enten i form av telefonsamtaler med bedriftens to representanter, eller besøk ved bedriften.

I prosjektets første halvdel var det særlig behov for mange besøk i forbindelse med kartlegging av problemet, ta mål av dagens griper, samt få viktige retningslinjer fra bedriften når det gjaldt begrensninger vi måtte ta hensyn til. I løpet av prosjektet andre halvdel har vi også diskutert og drøftet våre forslag med teknisk veileder ved avdelingen. Vi hadde også noen samtaler med operatører ved den aktuelle linja. Kontaktperson i Hydro har vært behjelpelig med mer overordnede problemer i prosjektet.

Av analysemetoder har vi brukt digitalt videokamera og avspilt videoklippene på pc gjentatte ganger for å få oversikt over alt som skjer i prosessen.

Noe av tiden jobbet vi individuelt med ideer og løsninger, før vi diskuterte oss fram til den løsningen vi ville gå for. Noen arbeidsoppgaver har vi delt mellom oss, mens andre har vi gjort i fellesskap. Håkon er gruppeleder og har dermed hatt noen flere arbeidsoppgaver, som loggbokføring, timelister og backup av prosjektet, mens Nina har hatt ansvar for møtereferater.

1.8 Terminologibruk

Mange steder i rapporten har vi benyttet betegnelsene "Griper A" og "Griper B". Griper A tar i mot nyankommet profil fra tverrtransportør. Denne griperen vender ikke profilen. Griper B har vendefunksjon. Denne sitter i motsatt ende av ramme i forhold til griper A.

Se for øvrig vedlegg A som tar for seg ordforklaringer.

2. Prinsipper – Teori

2.1 Pneumatikk

Det er flere likheter mellom hydraulikk og pneumatikk. Den viktigste forskjellen er at arbeidsmediet i pneumatikk er luft (gass), mens den i hydraulikk er væske (for eksempel olje). Luft er kompressibelt, dvs. at lufta under et høyere trykk presses sammen. Dette skjer ikke med ei væske. Arbeidstrykket for pneumatikk ligger på mellom 1 og 10 bar, mens det for hydraulikk kan ligge på opptil 300-400 bar. Pneumatikksylindere gir mindre krefter enn hydraulikksylindere, men er mye raskere.

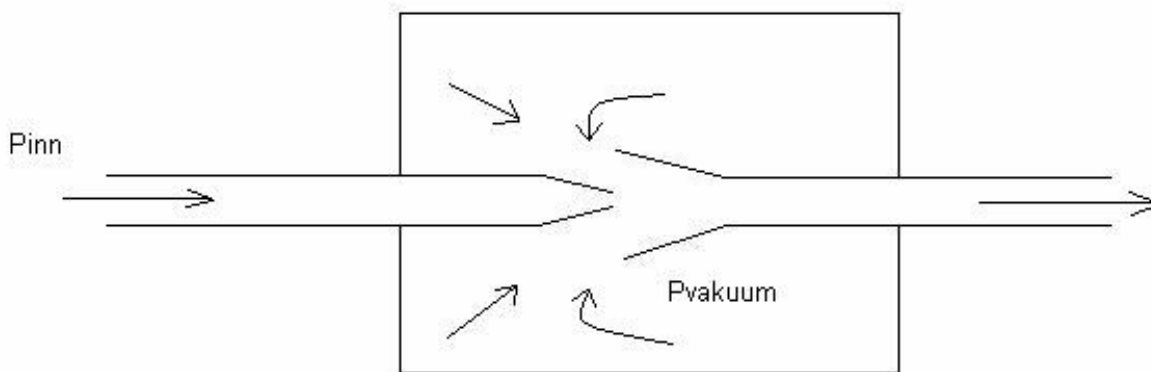
Pneumatikksylindren består av en hul sylinder og ei stempelstang med et stempelhode i den ene enden som fyller sylindrens innvendig kammer. For å få stempelstanga til å bevege seg ut, tilføres luft i plusskammeret på den venstre sida av stempelhodet hvis ut-bevegelsen går til høyre. For enkeltvirkende sylindere er det fjærretur. For dobbeltvirkende sylindere er det lufttilførselsport til minuskammeret (på høyre side av stempelhodet), slik at stempelet beveger seg tilbake.

Hvis vi ser på en dobbeltvirkende sylinder, får vi en kraft for plussbevegelsen og en for minusbevegelsen:

- Kraften er definert som trykket (overtrykket) multiplisert med tverrsnittsarealet.
 $F = P \cdot A$. Det er vanlig å bruke enhetene daN (10N), bar og cm^2 .
- Plussbevegelse: Lufttrykket får virke på hele stempeltverrsnittet.
 $F = P \cdot A_{\text{sylindertverrsnitt}}$
- Minusbevegelse: Lufttrykket virker på stempeltverrsnittet, minus arealet som stempelstanga tar opp. $F = P \cdot (A_{\text{sylindertverrsnitt}} - A_{\text{stempelstangtverrsnitt}})$ Det vil si at krafta i minusbevegelsen er noe mindre enn ved plussbevegelsen.

For styring av sylindrene brukes forskjellige type ventiler. Det finnes mange typer, for eksempel 3/2- og 5/2-ventiler, både med fjærretur og magnetiske ventiler. For å styre sylinderbevegelser brukes sensorer som gir signaler når stempelet er i en viss posisjon. Disse signalene sendes til et relèsett som videre gir signaler til ventilen, som til slutt styrer sylindren.

I sugekopper gjør man nytte av vakuum. Det er da et undertrykk, dvs. at totaltrykket ligger på mellom 0 og 1 bar_a (absolutt-trykk). Undertrykket oppstår ved at man kjører et lufttrykk gjennom ei dyse eller en ejetor. Denne lufta har såpass høy fart at den suger med seg luft fra kammeret rundt dysa, og lager dermed et undertrykk inne i dette kammeret. Ut fra kammeret kan man føre en slange til sugekoppene.



Dersom sugekoppene er helt tette, er det i teorien ikke nødvendig å kjøre på et trykk etter at vakuemet er oppnådd. Men pga. lekkasjer er det som regel nødvendig å tilføre nytt vakuem undervegs i en gripeprosess. Lekkasjer kan skyldes utette sugekopper, men også urenheter på overflaten. For å opprettholde tilstrekkelig vakuem, brukes det vakuemvakter. Dette er målere som leser av trykket, og som gir signaler til ventilen dersom vakuemet blir for lite.

2.2 Konstruksjonsteori

Ved konstruksjon eller design av et nytt produkt, er det viktig at man har kartlagt bruken av produktet og hvilke krav som stilles til det. Det er viktig å se på hvor stor betydning en evt. skade på produktet kan medføre, for eksempel på mennesker, men også økonomisk sett. Materialene har alltid en viss variasjon i kvalitet, konstruksjonsberegninger drar alltid med seg en viss usikkerhet, og belastningen er kanskje ikke alltid like lett å kartlegge. Vi opererer derfor med sikkerhetsfaktorer.

En sikkerhetsfaktor skal forhindre at ulike usikkerhetsmomenter skal kunne føre til brudd i en konstruksjon. Samtidig må man være forsiktig med å bruke sikkerhet i alt for mange ledd, fordi man vil kunne ende opp med et overdimensjonert og ubrukelig produkt. En god blanding av erfaring, konstruksjonsberegninger og fornuft bør i praksis være avgjørende for dimensjoneringen.

Det skilles mellom statisk belastede konstruksjoner og dynamisk belastede konstruksjoner. Ved dynamisk belastede konstruksjoner er det en varierende belastning som er med på å drive materialet mot utmattingsbrudd. I hvor stor grad dette foregår, er avhengig av produktets geometri, belastning og materialtype. Når det gjelder geometri, vil brå og kvasse overganger virke ugunstig. Ved slike overganger vil spenningslinjene konsentrere seg opp og vi vil få spenningskonsentrasjoner (SCF = spenningskonsentrasjonsfaktor). Konstruksjoner som er utsatt for dynamisk belastning bør derfor ha myke overganger der hvor spenningene er store, og kjerter i overflaten bør unngås. Ved utmatting er det materialets E-modul som er vesentlig og ikke materialets hardhet. Stål har for eksempel en E-modul på 210 000 N/mm², mens aluminium kun har 1/3 av denne E-modulen.

Ofte er det spenningene i en konstruksjon som er dimensjonerende. Det kan også være tilfelle at stivheten / nedbøyningen er dimensjonerende. Dette gjelder for eksempel der hvor man ønsker en stabil konstruksjon uten for mye svingninger / vibrasjoner.

Formler for nedbøyning finner man i tekniske tabeller. Se vedlegg B.

2.3 Fysikk: **Beregning av akselerasjon og krefter**

For å få utført konstruksjonsberegningene, er vi avhengig av å beregne noen krefter som virker på gripeenheten. Fra fysikken har vi: $F = m \cdot a$, hvor F = kraft, m = masse og a = akselerasjon. Vi er derfor avhengig av å beregne akselerasjonen for å beregne kraften.

Hvis vi antar rettlinjett bevegelse og konstant akselerasjon, så er disse likningene sentrale:

- $x = x_0 + v_0t + 1/2at^2$
- $v = v_0 + at$

Hvis vi for rotasjonsbevegelsen antar konstant vinkelakselerasjon:

- $\theta = \theta_0 + \omega_0t + 1/2\alpha t^2$

Disse beregningene blir selvfølgelig teoretiske overslag.

3. Apparatutrustning – Utstyr

Under følger en oversikt over det utstyr som er blitt benyttet i forbindelse med hovedprosjektet:

- **Vernesko og vernebriller:** Under besøk i fabrikklokalet er det påkrevd med vernesko og vernebriller, samt beskyttende tøy. Dette er i tråd med ISO-9000-sertifiseringen.
- **Digitalt videokamera, pc og stoppeklokke:** Det er benyttet digitalt videokamera for å analysere en syklus i vendeprosessen. Opptaket er blitt overført til en datamaskin hvor vi har kunnet spille opp igjen klippet mange ganger for å få med alle små trinn / delprosesser. I forbindelse med dette er det også blitt benyttet stoppeklokke for å måle syklustid, samt gjøre et anslag på akselerasjon ved de forskjellige bevegelsene. Filmklippet er ikke blitt frigjort fra Hydro.
- **Skyvelære, målebånd og linjal:** Bruk i forbindelse med oppmåling av eksisterende griper.
- **Kalkulator:** For beregninger har vi benyttet kalkulator Casio CFX-9800G.
- **Papir og blyant:** For skissering av forslag til løsninger er det benyttet blyant og papir.
- **Mechanical Desktop Release 4:** (Heretter: MDT) er brukt til å konstruere / designe de ulike skisserte forslag som var verdt å gå videre med.
- **Microsoft Project:** Til prosjektplanlegging / framdriftsplanlegging og oppdatering av denne.
- **Skanner og programmet Adobe Photoshop 6.0:** Skanner har blitt benyttet for å skanne inn skisser til rapporten. Til dette arbeidet er også Adobe Photoshop 6.0 blitt brukt.
- **Skjærebrett, Myers Precision Cutter 880:** For skjæring av tegninger i A1-format, har vi benyttet skjærebrett.
- **Microsoft Power Point:** Til presentasjon av prosjektet vil dette programmet bli benyttet.
- **Microsoft Office:** MS-office-programmer er benyttet til rapporteringer.

4. Utførelse

4.1 Avgrensning av problem / prosjektbeskrivelse

I prosjektets aller første fase, bestemte vi oss for hvilket prosjekt vi ville jobbe med. Vi gjorde et besøk i bedriften og fikk presentert problemet. Vi utformet raskt en foreløpig prosjektbeskrivelse med en viss avgrensning av problemet. Dette ble levert inn for godkjenning. Videre avgrensning ble gjort i forprosjektet, som var prosjektets andre fase.

4.2 Forprosjekt og framdriftsplan

Forprosjektet ble levert 25. januar 2002. Her beskrives bakgrunn for prosjektet, prosjektmål, rammer (arbeidsbelastning, økonomi, osv.), omfang, prosjektorganisering, planlegging, oppfølging og rapportering, organisering av kvalitetssikring, milepæler osv. Som en del av forprosjektet leverte vi også en framdriftsplan for prosjektet.

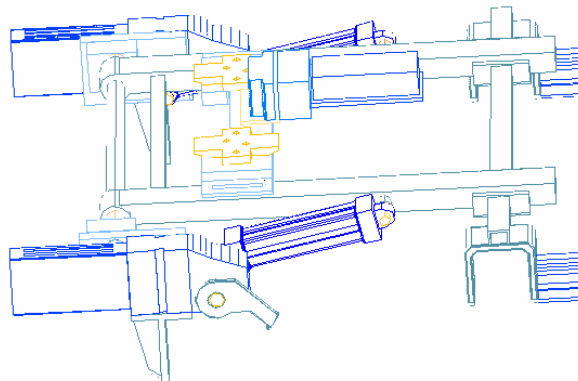
Se vedlegg C (forprosjekt) og vedlegg L (oppdatert framdriftsplan).

4.3 Kartlegging og innhenting av data

Informasjon om dagens produksjonslinje, bestående av presser, griper, cd-matere, tverrmater og lignende, er for det meste gitt i muntlig form fra Ådne Johansen, prosessleder ved avdelingen.

4.3.1 Eksisterende griper

Når det gjelder mål av eksisterende griper, har vi tatt disse selv når griperen ikke har vært i produksjon. Griperen lå da på et adskilt rom, hvor vi ikke forstyrret produksjonen på linja. Det fantes ingen tegninger av den eksisterende griperen, så vi bestemte oss for å lage tegninger av denne. Dette ble en veldig grundig kartlegging av griperen, og selv om det var et tidkrevende arbeid, var det til stor hjelp for å få oversikt over hvor vi kunne gjøre forbedringer på griperen.



Det var særlig de store gripeklørne (Festo) på griper B og de mange avstiverne som vi la merke til i starten. Her så vi potensiale for en lettere konstruksjon.

4.3.2 Flytdiagram

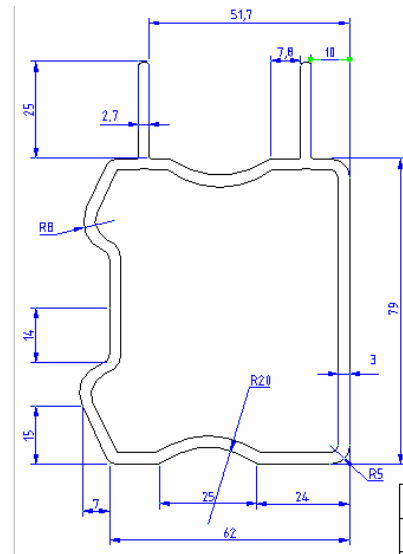
For å få litt oversikt over hele produksjonslinja har vi laget et blokkdiagram for flyten i produksjonen.

I punkt 9 i produksjonsflytdiagrammet foregår første vending. Dette er vender etter kjøler. I punkt 13 foregår andre vending, og dette skjer mellom presse 1 og 2. Hovedvekten i prosjektet legges på vendingen i punkt 13.

Se vedlegg D.

4.3.3 Profiltverrsnitt:

Støtfangerprofilen som skal forflyttes og vendes er laget i aluminium og har en vekt på ca. 3 kg. Lengden av profilen er 1286 mm. Tegningen som viser mål er laget i Mechanical Desktop og er laget ut fra de mål vi selv har tatt. Det kan derfor forekomme mindre avvik i forhold til profilens eksakte mål.



4.3.4 Dimensjonskriterier

Ut fra de innhentede data, er følgende kriterier dimensjonerende:

- Senteravstanden mellom presse 1 og 2 holdes konstant lik 3400mm. Denne skal ikke endres.
- CD-materens nullpunkt (senter i innfestingsblokk) i x-retningen ligger midt mellom presse 1 og 2, dvs. i en avstand på 1700mm fra hver av dem.
- Arbeidsområdet til CD-materen er 800mm i y-retning. Denne bevegelsen foregår ved at en servomotor er koblet til en kuleskrue.
- Tverrtransportøren kommer inn i en avstand på 450 mm fra senter på innfestingsblokk. Avstand fra senter i tverrtransportør og inn til senter i verktøy er 1250 mm.
- CD-materens bevegelse i x-retning blir utnyttet nesten fullt ut, og senter i innfestingsblokken under CD-materen kan ikke gå forbi senter i hver av pressene.
- Innfesting av griper i innfestingsblokk er sentrert 50mm til høyre for senter (+x, i retning mot presse 1) i innfestingsblokk.
- Forrige punkt fører til at avstanden fra senter i innfesting på griper til senter i griper A må være 400 mm.

- Det forekommer av og til kollisjoner av ulike årsaker. Vi kan ikke dimensjonere ut fra dette. Noe må kunne gi etter, og da er det bedre og billigere at griperen blir ødelagt, enn for eksempel cd-materen.
- Vi kan ikke redusere tykkelsen på innfestingsbraketten rett under korsene, fordi her ligger det luftkanaler inne i stålet.
- Klossen under CD-materen måler 400x400x80 (BxLxH). For å unngå kollisjon mellom kloss og vendesyndre, bør derfor ikke ramma være smalere enn 400 mm.

4.3.5 Analyse av vendeprosess

Vi har utført to analyser på grunnlag av videoklipp som Ådne har tatt opp for oss. Det første videoklipet ble tatt i månedsskiftet januar / februar. Det andre ble tatt i midten av april.

Ut fra vår første analyse oppdaget vi noen momenter som vi mente ville bidra til økt syklustid:

- CD-materen (CD1) står i midtposisjon og venter på at tverrtransportøren skal ankomme med ny profil. Dette vil bidra til å øke syklustiden på CD1.
- Når CD1 har hentet bearbeidet profil og levert nyankommet profil i presse 1, stopper den opp i midtposisjon et lite øyeblikk før den går videre til presse 2. Det kan nesten se ut som om den venter på presse2.
- Et par steder så vi treg akselerasjon, bl.a. på tverrtransportøren (denne er stor og tung).

Ut fra andre analyse, utført i april:

- CD1 venter ikke på tverrtransportøren lenger.
- CD1 gjør fortsatt et kort stopp i midtposisjon på vei til presse 2.

Det korte stoppet er nødvendig som et kontrollpunkt av signaler:

- Presse 2 skal være oppe i riktig høyde.
- CD-mater 2 har levert og går ut (-x) av presse 2.
- Vending i griper B er ferdig.

Man har prøvd å kjøre uten dette sjekkpunktet, men det har da av og til oppstått kollisjon. Derfor har man valgt å fortsatt ha et kort stopp mellom presse 1 og 2.

Endrede forutsetninger underveis i prosjektet

Etter hvert som prosjektet har skredet fram, har produksjonen gått sin gang, og det har blitt gjort innstillinger og optimaliseringer i programmeringen av maskinene. I prosjektets tidligere faser var for eksempel CD1 / presse 1 en flaskehals. Dette er ikke tilfelle lenger. Flaskehalsen har forskjøvet seg til presse 3.

4.4 Idèmyldring / Skissering av forslag

Under utarbeidelse av nye forslag til løsninger på griperen mellom presse 1 og 2, skisserte vi i første omgang forslag uten å tenke særlig mye på de krav som ble stilt fra Hydro sin side. Dette var for å få med flest mulige kreative innspill fra starten av. Selv om det senere viste seg at mange av disse falt fra som en følge av de spesifisert mål og krav, så er det bedre å ha flere alternativer i begynnelsen enn å bare ha ett. Se vedlegg F (idèutvikling).

For å innhente opplysninger om aktuelle komponenter, benyttet vi blant annet Internett. Vi har også vært innom bedrifter i Gjøvik-området for innhenting av priser og tekniske data / kataloger.

Se vedlagt liste over kontaktpersoner / bedrifter: Vedlegg O.

4.4.1 Alternativer fra skisseringsstadiet

4.4.1.1 Ulike sugekopptyper:

Alle sugekopptypene fåes i mange forskjellig størrelser.

1. **Minisugekopper:** Sugekoppene er veldig små og kan komme til på steder hvor gripeflaten er liten. En slik sugekopptype kunne være aktuell ved griping mellom flensene på toppen av profilen. På grunn av det lille tverrsnittsarealet blir kraft per sugekopp liten, og man måtte ha brukt mange sugekopper for å oppnå tilstrekkelig sugekraft. Dessuten er det kun den nederste delen av sugekoppen som vil kunne bøye seg, og denne sugekopptypen vil derfor trolig ikke være fleksibel nok til å suge på en buet overflate.



2. **Vanlig sugekopp:** Denne sugekopptypen har et stort sugearreal og trenger ganske stor plass for å suge. Fordelen er at den har ganske stor sugekraft. Ulempen er at sugekoppen ikke har noen lest som stabiliserer ved bevegelse. Sugekoppen kan evt. benyttes på profilens høyre side, fordi denne siden har en stor flat side. Denne sugekoppen vil trolig kunne bøye seg noe mer enn minisugekoppen, og vil derfor kanskje kunne benyttes på flater som ikke er helt flate.



3. **Rund sugekopp med lest:** Sugekoppen har avstivende lest og relativt stor sugeflate. Sugekoppen vil ikke kunne bøye seg særlig mye og vil egne seg best til ei jevn, stor flate. Hvis denne skulle benyttes, ville den derfor best passe på høyre side av profilen.



4. **Belgsugekopp med middels "slaglengde":** Sugekoppen er ganske liten og med flere "nivåer" som klemmer seg sammen når et objekt suges opp. Total sammenklemming av sugekoppen vil derfor bli ganske stor, og denne vil trolig egne seg noe bedre til flater som ikke er helt flate enn tidligere nevnte sugekopper. Likevel er det ideelt sett best å gripe på ei flat overflate. Denne sugekoppen kunne evt. benyttes til griping på toppen av profilen.



5. **Belgsugekopp med lang "slaglengde":** Som ovenfor, men klemmer seg sammen enda litt mer. Kan evt. brukes til griping på toppen av profilen.



6. **Sugekopp for rund overflate:** Sugekoppen har en hard ytre plastkappe som virker som en avstivende lest. Den indre sugekoppen suger objektet inntil lesten. Denne typen sugekopp passer trolig godt til å suge opp runde og ovale objekter, for eksempel kuler og egg.



7. **Oval sugekopp med lest:** Sugekoppen er avlang / oval og passer godt til å suge på lange og smale overflater. Sugekoppen har også en stabiliserende lest. Den nederste delen av sugekoppen som klemmes sammen når objektet suges opp, bygger kun 2-5 mm. I forhold til sugekoppens bredde, har den forholdsvis stor kraft (grunnet stor lengde). Denne kan for eksempel brukes midt på venstre side av profilen.



8. **Oval sugekopp med lang slaglengde:** Denne sugekoppen klemmer seg sammen ganske mye. Er ikke så stabil som sugekoppen ovenfor på grunn av at avstanden opp til lesten er såpass stor og holdekraften blir en del mindre. Fungerer best på flate overflater, men kan kanskje brukes på flater som er litt krumme.



4.4.1.2 Forslag til gripeenhet basert på vending med pneumatisk rotor

Mål og utforming av de enkelte forslagene er ikke blitt tilpasset i detalj, men viser ideen bak forslaget.

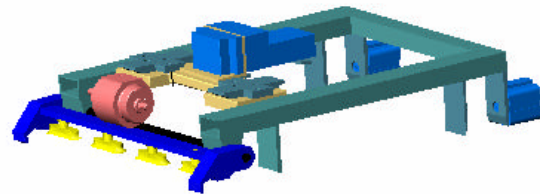
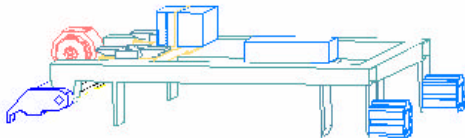
9. *Pneumatisk rotor*

- Ved bruk av pneumatisk rotor, var ideen å feste rotoren til ramme og overføre dreiemomentet til en aksling ved hjelp av tannhjul, eller drev og kjede. Gripeenheten festes til akslingen. Se vedlagte beregninger for akselerasjon ved rotasjon og nødvendig dreiemoment. Vedlegg G.
- Alternativ 1:** PRN50-100. Kapasitet: 13 Nm ved rotasjonsvinkel på inntil 100° og trykk 6 bar. Ved 5 bars trykk er kapasiteten 10.8 Nm. Vekt: ca. 0.8 kg. Fordelen med denne rotoren er at den er forholdsvis liten. Sikkerhetsfaktoren for nødvendig kapasitet er på 2, og er litt på kanten til å være nok. En mulighet er å lage en utveksling (dreve om) slik at rotasjonstiden økes noe, og at dreiemomentet dermed økes.



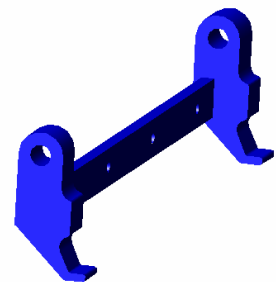


- c. **Alternativ 2:** PRN 150-100. Kapasitet: 42 Nm ved rotasjonsvinkel på inntil 100° og trykk 6 bar. Ved 5 bars trykk er kapasiteten 35 Nm. Vekt ca. 1.9 kg. Denne er en god del større enn alternativ 1, men har til gjengjeld en sikkerhetsfaktor for kapasiteten på 6.5. Problemet blir å få plassert rotoren på griperen uten å komme i konflikt med andre funksjoner og enheter.
- d. Ved forsøk på å plassere rotoren ut på tegninga, viste det seg vanskelig å finne en egnet plass både for alternativ 1 og 2. Selv om alternativ 1 er noe mindre enn alternativ 2, så kommer rotoren eller kjedet i konflikt med enten profilen som skal hentes opp, innfestingsbraketten eller klossen på undersiden av CD-materen. På tegningen under er rotoren (PRN 50-100) farget rød og plassert vilkårlig i tegningen. Man ser tydelig at rotoren stikker over innfestingsbraketten.



10. Gripeanordning som griper på yttersiden av ramma

- a. Denne gripeanordningen er laget for å festes på en hel aksling (Ø16) som er koblet til en rotor. Lestene i hver ende av gripeanordningen festes til akslingen på yttersiden av ramma. Dette gjør at det er plass til 4 stk. ovale sugekopper (25x75). Avstanden fra massesenteret til rotasjonsaksen er ganske liten, fordi akslingens plassering på ramma er senket ned litt. Det oppstår ingen kollisjon med profilen, fordi vi ikke har noen arm slik som på versjonene med vendesylindre. Lestene er tilpasset profilens utforming på venstre side, og sugekoppene tar tak på den flate delen midt på venstre side.



11. Gripeanordning som griper på innsiden av ramma

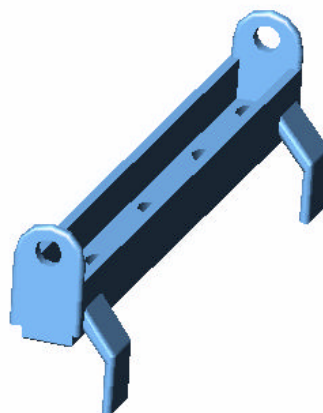
- a. Dette forslaget ligner på den som griper på yttersiden, men her blir det plass til kun 3 sugekopper ut fra ny konstruert ramme hvor



bredden er redusert. Dette kan være noe i minste laget ut fra de sikkerhetsfaktorer som vi har brukt i våre beregninger. Dessuten blir det i dag brukt 4 sugekopper på griping uten vending andre steder på linja.

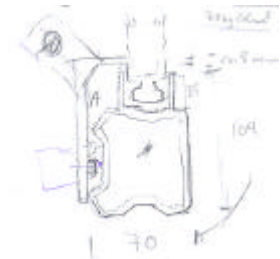
12. Griper som griper mellom flenser og på høyre side av profil

- a. I aluminium. Foreslått framstilt med profiltექnikk, men dette blir fort dyrt ved et lite antall. Ideen var å gripe med sugekoppene nede mellom flensene på toppen, samtidig som en støtter opp på høyre side. Armen på høyre side kan evt. påmonteres sugekopper, men da må sugekoppene på toppen gripe tak før de på siden. Gripeområdet mellom flensene er ikke helt flatt, så det er litt usikkert om sugekoppene vil få ordentlig tak. Det vil i så fall være snakk om å bruke en slags belgsugekopp, fordi den er mer bøyelig og ”tilpasningsvennlig” enn en oval sugekopp med lest. På siden kan det evt. gripes med en oval sugekopp. Dersom det skal gripes med sugekopper både på topp og på siden, vil dette bli problematisk fordi sugekoppene på toppen først må suge profilen opp før sugekoppene på siden kan suge seg inntil som en støtte. Hvis denne løsningen skulle være aktuell måtte det i så fall være med sugekopper bare på en av sidene. Ved levering i presse 2 vil dette forslaget føre til at CD1 må forflytte seg litt i x-retningen for å komme seg ut av spalten mellom flensene, før den kan bevege seg opp i z-retning. Det er ønskelig å ikke ha for mange bevegelser.
- b. I stål, ligner på ovenstående forlag. Vil være en del tyngre enn aluminiumsversjonen selv om vi reduserer godstykkelse noe. Det vil medføre at nødvendig dreiemoment på rotor økes. Både aluminiumsversjonen og stålversjonen har aksesenter rett over profilen. Versjonen på bildet nedenfor skal sveises sammen. Godstykkelse er for store på bildet.



13. Griper som griper mellom flenser og på venstre side av profil

- a. Et alternativ til griperne som støtter på høyre side. Vil egentlig få samme problemet ved levering i presse 2 så lenge det gripes mellom flensene. CD-materen må bevege seg i x-retning før den kan gå opp i z-retning.



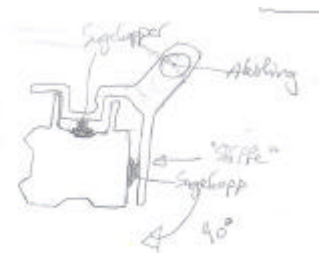
14. Griper som griper på venstre (øverst) og høyre side

- a. Hvis denne gripeanordningen hadde vært mulig, så hadde den hatt et godt grep på profilen ved vendingen. Et av problemene her er at armene i griperen måtte ha vært bøyelige for å kunne suge profilen til seg fra hver sin kant. Også denne løsningen krever at CD1 får en ekstra bevegelse ved levering i presse2.



15. Rotasjonssenter oppe til høyre

- a. Dette alternativet ligner på andre forslag som griper på topp og høyre side, men har rotasjonssenter til høyre istedenfor til venstre. Dette vil føre til at CD-materen må bevege seg ekstra langt ned i z-retning for å levere i presse 2 (etter å ha vendt 90°). Dette er ikke ønskelig.



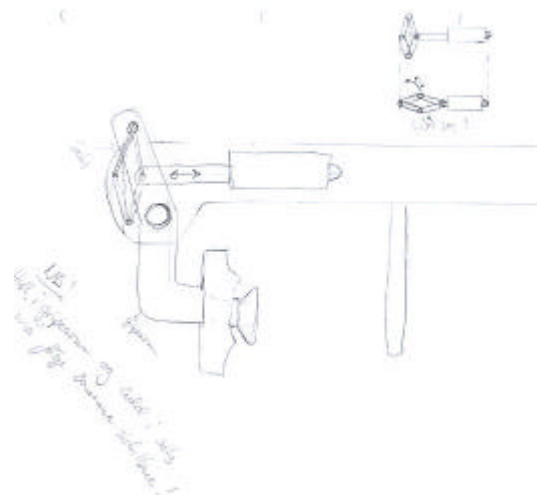
4.4.1.3 Forslag til gripeenhet basert på pneumatiske vendesyndre.

16. Vendesyndre

- a. Er montert langs siden på ramma, med lager i festet i bakkant av syndyleren slik at den kan rotere om en aksling / bolt. Enden av stempelstanga har et lager og festes på armen på gripeanordningen. Når stempelstanga beveger seg ut og inn, roterer gripeanordningen rundt akslingen.
- b. Bruk av en eller to syndyler: Ved bruk av en syndyler må denne festes enten sentrert midt på ramma, eller på den ene siden av ramma. Dersom det benyttes en syndyler må denne være en Ø32 mm, mens ved bruk av to greier det seg med 2 x Ø25 mm. Evt. spart vekt ved å bruke en syndyler er liten, og kanskje mindre stabil. Dessuten måtte griperen ha blitt konstruert annerledes for å få noe økt stivhet. Plassering av en syndyler på midten ville kanskje komme i konflikt med klossen under CD1. Vi anbefaler bruk av to syndyler.

17. Vendesyndre med låseanordning (saks)

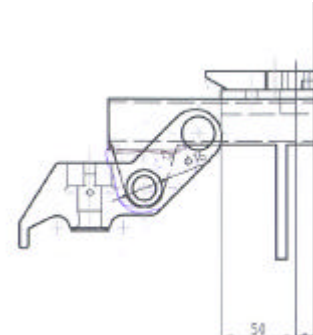
- a. Tanken bak denne ideen var å kunne låse rotasjonssposisjonen bedre. Enden på stempelstanga festes til saksas ende. Den andre enden er festet til ramma på et vis. Midtre ledd festes til armen på gripeanordningen. Svakheter med denne låseanordningen er at det vil være en viss klemfare ved håndtering / montering av griperen i cd-materen. Dessuten vil låsingen



også skje når saksa er dradd ut i den andre retningen, slik at sylindren må yte en veldig stor kraft for å oppheve låsing. Dette virker mot sin hensikt.

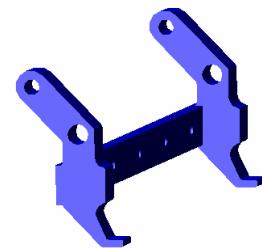
18. Gripeanordning basert på vendesylder, men som krasjer ved opphenting

- a. Denne er konstruert slik at avstanden fra massesenteret i den totale massen som skal roteres, er tettest mulig ved rotasjonssenteret. Grunnen til at dette er ønskelig er å få minst mulig dreiemoment. Denne griperen er meget kompakt, men det så ut til å dukke opp et problem her også. Når griperen er åpen, dvs. at stempelstanga er i indre posisjon, og griperen skal ned for å hente profil i presse 1, vil armen tilsynelatende kollidere med flensene. Det vi imidlertid hadde glemt, er at flensene klippes bort slik at det bare står igjen 3 "lepper" på venstre topp og 2 "lepper" på høyre topp. Det vil ikke bli noen kollisjon med flensene / leppene, men det vil bli en kollisjon med profilens venstre hjørne. Dessuten vil sylindren kollidere med flensene.



19. Griper, slank versjon

- a. Dette forslaget vil veie et par hundre gram mindre, men vil ha mange kanter hvor det oppstår spenningskonsentrasjoner, og den vil være dyr å lage. Dessuten er det ikke gjort plass til lager.



20. Gripeanordning med arm rett opp (90°)

- a. Når sylindren har gått helt inn og vendt profilen 90 grader, vil vinkelen mellom arm på griper og sylindrestang bli veldig stor, og sylindren vil ikke greie å rotere 90 grader. Dette fordi sylindren antakelig må gå litt ut igjen for å greie de siste gradene. Dette gjelder i alle fall når rotasjonssenteret er senket litt ned i underkant av ramma.



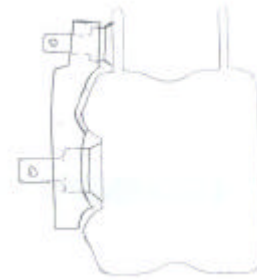
21. Gripeanordning med arm på skrå (45°) og forlenget avstand til rotasjonssenter

- a. Denne versjonen unngår kollisjon med profilen, både når det gjelder arm på gripeanordning og sylindrer. Sylindrene sitter på utsiden av ramma, og det er plass til 4 sugekopper. Denne versjonen har plass til glidelager, og armene for feste av stempelstang er formet som gafler. Griperen holder under profilen for å stabilisere ved rotasjonen.



22. Griper med sugekopp midt på venstre side pluss på flens

- Dette var et alternativ for å få større stabilitet ved rotasjonen. Lesten ligger over en stor del av profilens venstre side, og sugekoppene gjør at profilen sitter godt inntil lesten. Lesten kan lages i aluminium eller i nylon. Forslaget er imidlertid mer komplisert og faren for feil blir større. Når griperen svinger inn for å hente opp profilen kan det bli konflikter med profilen. Dessuten vil antall sugekopper bli større og luftforbruket vil øke.



4.4.1.4 Forslag til gripeenhet basert på pneumatisk "vendearm"

23. Clamping device fra De-sta-co eller Rexroth

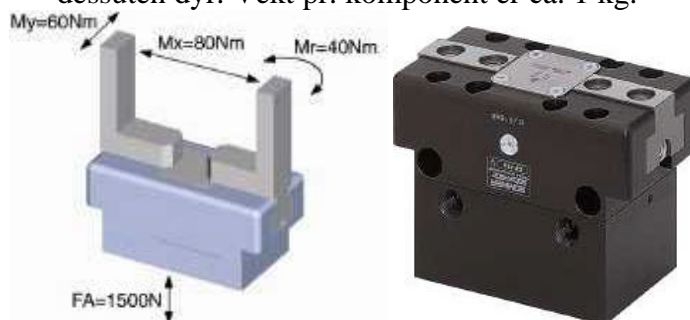
- Denne leveres med rotasjonsfunksjon. Vi må konstruere en gripeanordning som monteres på armen som roteres, dersom denne skal brukes. Denne griperen bygger ganske mye, og veier 1.5 – 2 kg pr. stk. Ganske dyr er den også, med en pris på 7-8000 pr stk.



4.4.1.5 Forslag til griper i griper A (uten vending)

24. Mekanisk griper

- "Parallell griper": Leveres av Sommer-Automatic. Denne griperen har to armer som klemmer inntil profilen fra hver sin side. Erfaringsmessig bør en griper kun ha en bevegelig del på den ene siden, i alle fall når det er snakk om akselerasjon i samme retning som griperen lukker seg. Hydro hadde prøvd liknende komponent, men hadde dårlig erfaring med den. Komponenten er dessuten dyr. Vekt pr. komponent er ca. 1 kg.



25. Griper A med form som passer til profilen

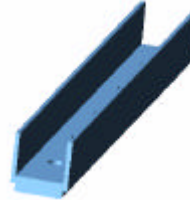
- Tilsvarende som for griper som brukes på de andre CD-matene. Sugekopper benyttes. I dette tilfellet må det suges i området mellom flensene, og her er det ikke helt jevnt. Det er usikkert om det vil fungere bra. I så fall må det trolig benyttes en sugekopp med lang slaglengde. Formen eller lesten



- b. lages enten i aluminium eller i nylon. Her er formen festet i underkant av en u-profil i stedet for et firkantrør. Ideen var å spare litt på vekten, men reduksjonen er veldig liten.

26. Griper A med sugekopper festet i tverravstivende u-profil

- a. Til høyre vises tverravstivende u-profil med innfestingshull til sugekoppene. Slangor for lufttilførsel kan legges oppi renna. U-profilen kunne ta funksjon som tverravstiver i ramma, samtidig som den var holder for sugekoppene.



27. Griper A med mekanisme som klemmer imellom flensene

- a. "Pølse" som fylles med luft og klemmer ut.
- b. Sylindere som klemmer ut, for eksempel som den mekaniske griperen.

28. Mindre kompaktsylindere: Ø20 eller Ø25 istedenfor Ø40

- a. For å spare vekt og byggemål vurderte vi å benytte en kompaktsylindere med mindre diameter. Det vil selvfølgelig redusere sylindrens kraft. Ut fra våre beregninger bør sylindere med Ø40 beholdes. Se vedlegg G for beregninger.

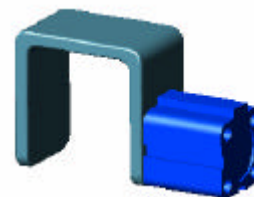


29. Griper A med to flattjern til griper

- a. På det ene flattjernet lages et hull og en kompaktsylindere monteres med senter i dette hullet.
- b. Det andre flattjernet fungerer som mothold.
- c. Begge flattjernene sveises til ramma, med en avstand på 75 mm. Flattjernet med kompaktsylinderen skal flukte i bakkant med ramma.

30. Griper A med u-profil til griper

- a. Benytt dagens versjon med kompaktsylindere festet på biter av bøyd flattjern.
- b. Bitene sveises direkte på ramma. Tanken med å bruke en sammenhengende del var at styrken skulle bli bedre. Ved beregninger viser det seg at styrken er god nok uten å gjøre dette. To flattjern som sveises til ramma er sterkt nok. Sveisen holder.



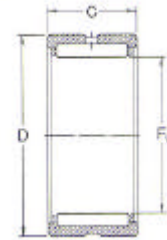
4.4.1.6 Forslag til lager

31. Kulelager

- a. Brukes mange steder der hvor det er behov for lager, og kreftene ikke er for store. Ut fra dette kunne vi benytte kulelager fordi belastningene er små. Ulempen med kulelagrene er at de bygger veldig mye og tar derfor for mye plass i vår konstruksjon.

32. Nålelager

- a. Nålelageret er en slags type rullelager. Dvs. at i stedet for kuler, er det små sylindre som ruller. Rullelagrene kan ta opp store krefter. I et nålelager har sylindrene / rullene veldig liten diameter, og minner derfor om nåler. Nålelageret bygger ikke så mye, og vi vurderte derfor å bruke et lager med indre diameter $\text{Ø}16$ og ytre diameter $\text{Ø}24$.



33. Glidelager

- a. Glidelageret fungerer på en annen måte enn kulelager og rullelager. Lageret har en glatt indre overflate som akslingen kan gli mot. Lageret kan for eksempel være teflonbelagt, og i tillegg kan det smøres med fett. Vi fant et glidelager med indre diameter $\text{Ø}16$ og ytre diameter $\text{Ø}18$. Dette lageret bygger lite og det er nettopp det vi ønsker oss.

4.4.1.7 Alternativer for første vending (etter kjøler, før tverrtransportør)

34. Forbedre eksisterende vender

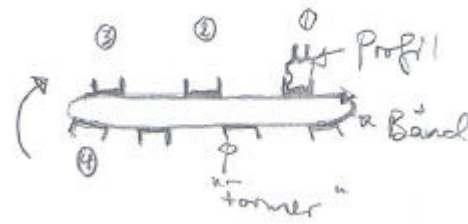
- a. I dag eksisterer det en vender på enden av transportbåndet etter kjøler. Sensorer registrerer når en ny profil ankommer og denne stoppes rett over vendeanordningen. Vendeanordningen kommer opp og vender profilen 90° slik at den ligger klar når tverrtransportøren kommer for å hente. Vi observerte at denne venderen i flere tilfeller glapp profilen før den var ferdig med å vende, slik at profilen ble stående på skakke. Dersom TP greier å hente profilen som ligger skeivt, vil det bli krasj i griper A når griperen skal hente profilen i TP.
- b. I første omgang vil det være fornuftig å se på venderen som sitter på enden av transportbåndet, for å vurdere om det med noen enkle grep kan gjøres noe med denne slik at den vender tilfredsstillende og mer stabilt. Det benyttes ikke sugekopper eller andre midler for å stabilisere denne vendingen i dag, så dette bør vurderes.

35. Vending ved hjelp av robot

- a. Ved enden av transportbåndet står det i dag en robot som fjerner profiler fra transportbåndet, og legger dem på pall dersom de har ligget for lenge.
- b. Dersom roboten flyttes litt nærmere kjøleren, får den et større arbeidsområde ved transportbåndet. Ettersom den i dag legger profiler på pall, bør det ikke være noe stort problem å lage en griper som monteres på robotarmen som også greier å vende profilen.



- c. På tegningen er kjøleren til høyre. Roboten er anvist som armen i midten mellom de to transportbåndene. I bakgrunnen skimtes et tak som skal illustrere innbyggingen av pressene. Tverrtransportøren (vises ikke på tegningen) går mellom venstre transportbånd og innbyggingen i bakgrunnen. Presse 1 står til venstre i innbyggingen og presse 2 står til høyre.
- d. Vi har en idé om at etter roboten har vendt profilen, legges den ned i en form fastmontert på et transportbånd. Formen kan for eksempel lages i nylon. Transportbåndet er ganske kort, slik at det kun er plass til for eksempel 3 profiler om gangen. Når TP tar profil fra form nr. 1, registrerer sensorer dette. Båndet kjøres så fram et hakk og roboten henter ny profil og vender denne. Profil i form nr. 2 er da klar til å hentes, mens profilen som roboten har vendt, legges i form nr. 4. Dersom det p.g.a. stopp i linja blir behov for å pallettere profiler som ligger på båndet, kan roboten fortsatt gjøre denne oppgaven.



36. Vending i tverrtransportør

- a. I stedet for å vende profilen før tverrtransportør, kan vendingen foregå i tverrtransportøren. TP'n bruker såpass lang tid fra transportbåndet og bort til griperen at det er tid nok til å vende i denne. TP'n kan fortsatt gripe i endene av profilen, og det kan benyttes en rotor til vendingen.

37. Begge vendeoperasjoner på griper

- a. Et alternativ kan være å ha en tilsvarende vendefunksjon i griper A som i griper B, slik at all vending foregår på griperen. Dette vil bety noe økt vekt for griperen, men trolig ikke mer enn 2-3 kg mer enn i prosjektert griper.
- b. Et forslag går ut på å benytte vendesyndre på begge griperne, og sugekopper til griping av profilen. Totalt antall sugekopper vil da bli rundt 8, og antall signaler vil også bli økt noe. Luftforbruket vil trolig bli for stort i forhold til kapasiteten i CD-materen.
- c. Et annet forslag er å benytte en sentralt plassert rotor som vender begge gripeanordningene ved hjelp av kjede- eller rem-drift. Faren for at det skal oppstå konflikt med enten kloss under CD-materen eller med profiler som skal hentes opp er betydelig, men dersom man kunne greid seg med en rotor ville man spart en del i vekt. Rotor PRN 150-100 fra Sommer-Automatic har stor kapasitet og vil være kraftig nok til å vende begge.

38. Vending i verktøy i presse 1

- a. Verktøyet vil få for stor kompleksitet dersom en vendefunksjon implementeres, og dette vil føre til flere feilkilder og større sjanse for økt nedetid.
- b. Dersom verktøyet i presse 1 kunne klippe flensene på profilen mens profilen ligger, dvs. flensene peker til høyre, så hadde man sluppet hele vendeproblematikken, og man hadde spart seg for mange problemer. Denne verktøyproblematikken har vist seg vanskelig å løse, og det jobbes fortsatt for å konstruere et bedre verktøy.

4.5 Konstruksjon i tråd med beregninger og krav

For mer detaljert innsyn i beregninger og tegninger, henvises leseren til vedlegg G og Q.

Etter å ha konstruert flere alternativer med bruk av rotor og vendesyndre, gikk vi bort fra alternativene med pneumatisk rotor. Grunnen er at det er vanskelig å finne plass til rotoren på ramma, da den enten kommer i konflikt med klossen under CD-materen eller profilen som skal hentes. Dessuten er vekten av rotoren høyere enn av to vendesyndre.

4.5.1 Beregning av nødvendig kraft i vendesyndre

Nødvendig dreiemoment ved svingebevegelsen har vi beregnet til 8.66 Nm. Dette gir en total nødvendig sylinderkraft på 137 N. Med en sikkerhetsfaktor på 3, blir dimensjonerende kraft 411 N. Ved bruk av 1 sylindre trenger vi en sylindrediameter på 32.35 mm, mens ved bruk av 2 sylindre trengs 22.9 mm. Her har vi sett på plussbevegelsen, men ved minusbevegelsen vil stempelstanga stå i veien slik at hele tverrsnittsarealet ikke kan bli benyttet. Ved valg av 1 stk. Ø32 mm for minusbevegelsen får vi en sikkerhet på 2.5, mens for 2 stk. Ø25 mm blir sikkerheten i overkant av 3.

Vi vurderte å bruke bare en vendesyndre. Denne sylindren måtte da ha vært montert på en av sidene på ramma eller midt på. Faren med å bruke bare en sylindre, er at gripeanordningen evt. kunne vri seg, eller bli ustabil / vibrere. Ø25-sylindren er noe lettere enn Ø32-sylindren, og totalt sett vil man derfor ikke spare så mye i vekt på å benytte en sylindre, samtidig som stabiliteten blir bedre med to sylindre.

4.5.2 Dimensjonering av dempere og feste til dempere

Ved rotasjonsbevegelsen oppnås det ganske høy fart, og det kan være nødvendig å benytte gassdempere i tillegg til vendesyndrene for å gi en mykere stopp. Kinetisk energi ved svingebevegelsen er beregnet til 5.2 J, dvs. 5.2 Nm. Med en sikkerhet på 2.5 blir nødvendig dempeenergi per demper 6.5 Nm. Ut fra dette valgte vi 2 stk. industristøtdempere fra Rexroth, med en slaglengde på 10 mm og en kapasitet på 8.5 Nm, dvs. at vi får en sikkerhet på 3.25.



Feste av demperen må dimensjoneres i forhold til demperens maks-kapasitet. Demperne har en slaglengde på 0.01 m, og på denne strekningen skal de kunne ta opp en energimengde på 8.5 Nm. Det vil si at de må kunne motstå en kraft på 850 N. Dimensjonerende spenning blir ved innfestingen til ramma, og bøyespenningen her blir 109 N/mm^2 . Det er ingen fare for brudd, fordi det fra før er benyttet en sikkerhetsfaktor på ca. 3 for dimensjonering av demperen. Dersom materialet er vanlig konstruksjonsstål (St 37) så er flytegrensen på 235 N/mm^2 og strekkfastheten på $360\text{-}510 \text{ N/mm}^2$. Total sikkerhetsfaktor vil derfor bli i overkant av 6 (2x3) hvis man sammenligner med flytegrensen.

4.5.3 Dimensjonering av sugekopper / antall sugekopper

Sugekoppene skal gripe på den flate delen på profilens venstre side. Bredden er her 28 mm og den største ovale sugekoppen som kan benyttes er 25 mm bred og 75 mm lang. Ved et vakuum på 0.6 bar er sugekraft per sugekopp ca. 104 N. Ved dimensjonering av sugekoppene må vi gå ut fra det verst tenkelige tilfellet. Det er når rotasjonen skjer samtidig som CD-materen akselererer i x-retningen. Den totale akselerasjonen vil da være summen av akselerasjonen ved rotasjonsbevegelsen og akselerasjonen ved x-bevegelse i CD-materen. Uten å regne med sikkerhet må sugekoppene minst ha en kraft på 82.5 N. Ved bruk av 4 sugekopper har vi en total kraft på 416 N, og dette gir en sikkerhet på 5. Det er greit med en såpass stor sikkerhetsfaktor her, fordi overflata på profilen er glatt, det kan være lekkasje i en sugekopp, eller det kan være andre urenheter på overflata som gjør at sugekoppene ikke yter optimalt.

4.5.4 Beregning av nødvendig kraft i gripesylindre A

Kraften fra sylindren skal holde støtfangeren under akselerasjonen i x-retning, samtidig som den skal gi friksjonskraft mellom støtfangeren og flattjernet i griperen. Denne friksjonskraften skal motvirke tyngdekraften og akselerasjonen i z-retning i cd-mater. Med en sikkerhetsfaktor på 2.5, er nødvendig kraft per sylinder 588 N. Kompaktsylinder Ø40 mm har en kraft på 627 N, og vi går derfor ikke ned til for eksempel Ø25 mm, men beholder Ø40. Forslag til sylindre som kan benyttes, er Norgren Ø40 kompaktsylindre eller Rexroth Ø40 kompaktsylindre.

4.5.5 Kontroll av flattstål til gripere, samt sveis ved flattstål

Flattstålet er i kvalitet S235/St37, og vi har valgt en tykkelse på 6 mm. Med en kraft på 235N plassert 62.5mm fra ramma, får vi en bøyepening på 49 N/mm² ved overgangen til ramma, og en nedbøying på 0.10mm ved kraftens angrepspunkt. Både spenningen og nedbøyingen er ok.

Sveisen har vi kontrollert ut fra et a-mål på 5 mm, og bøyepeningen ble da 7.3 N/mm². Denne spenningen er veldig lav, og ikke av betydning.

4.5.6 Kontroll av sveis på innfestingsbrakett

Med et a-mål på 5 mm ligger skjær- og bøyepeningene i området 0 – 2 N/mm². Spenningene er så lave at de er uten betydning.

4.5.7 Dimensjonering av gripeanordning, list og skrueforbindelse

Dimensjonerende for gripeanordningen er at vi har tilstrekkelig stor flate til å støtte profilen med ved rotasjonsbevegelsen. En bredde på 30 mm er derfor fornuftig. Spenningene i lestene på endene er små og uten betydning.



Ser vi på lista er skjærspenningene ubetydelige, mens nedbøyingen på midten er på 0.34 mm. Nedbøyingen er ikke stor, og vi tror ikke denne vil utgjøre noe problem.

Lista er skrudd til lestene med Ø5 mm aluminiumsskruer, ettersom både lestene og lista er i aluminium. Kontroll på avskjæring av skruene viser en spenning på 5.3 N/mm^2 , mens på avskjæring av grunnmateriale er spenningen 6.8 N/mm^2 . Også her er spenningene lave.

4.5.8 Dimensjonering av ramme med tanke på spenninger og nedbøying

Vi har vurdert forskjellige rørdimensjoner og rørtykkelser, fra 30x30 til 50x30 og tykkelse fra 2 mm til 3 mm. Ut fra beregninger falt valget på 50x30 og $t = 2 \text{ mm}$.

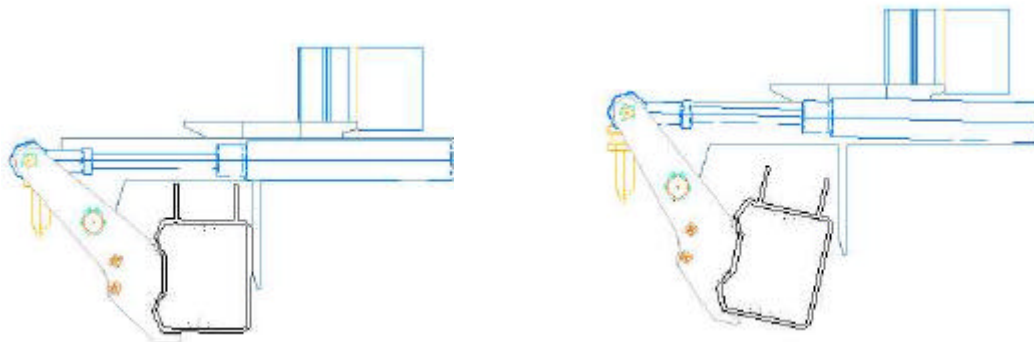
De største spenningene i ramma finner vi ved innfestingsbraketten, og oppstår som en følge av lasten av komponentene som sitter montert på ramma på siden som griper A er montert. Bøyespenningen ved bruk av 50x30 og $t = 2 \text{ mm}$ er 6.84 N/mm^2 . Nedbøyingen er 0.20 mm ved griper A, og vi har også gjort en forverring av problemet ved å plassere alle kreftene helt på enden av ramma. Spenningene er små og nedbøyingen er også liten.

Ramma vil etter vår mening være stabil nok.

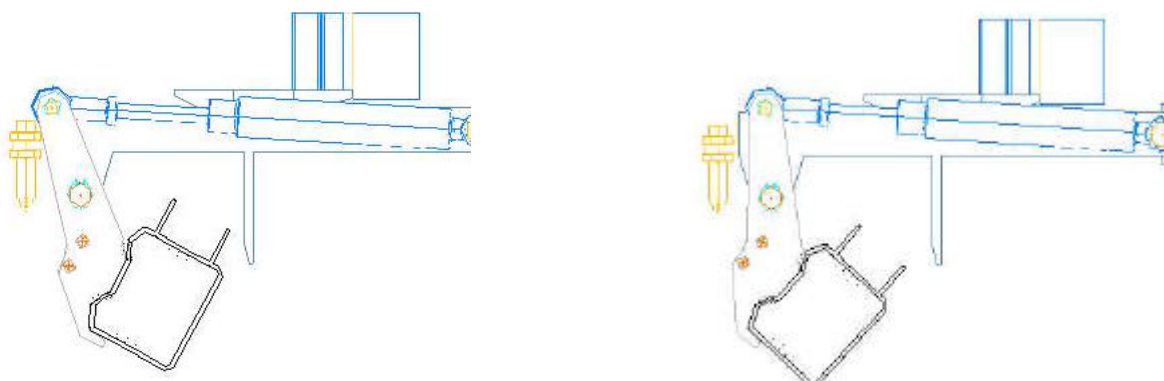
Vi har også vurdert å bruke aluminium istedenfor stål i ramma, men selv om vi kan spare et par kg på å bruke aluminium, vil nedbøyingen bli større og faren for vibrasjoner vil øke. Av denne grunn holder vi oss til stål i ramma.

4.5.9 Visualisering av vendeprosessen

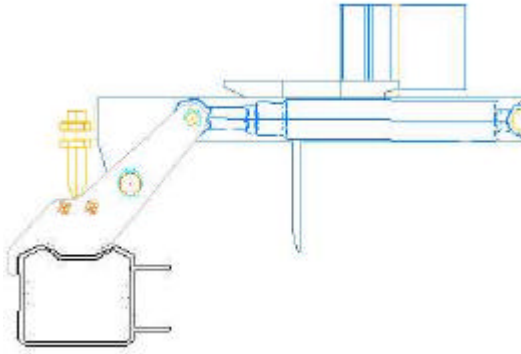
For å kontrollere at det ikke oppstår noen kollisjon ved rotasjonsbevegelsen, har vi sett på rotasjonsbevegelsen trinnvis.



Det er viktig at profilen ikke krasjer med flattstålet som støtter opp ved opphenting. På tegningen er demperne (gulbrune) inne, men disse er selvfølgelig ute før vendeanordningen ankommer. Dette har bare å gjøre med hvordan vi har tegnet demperen.



På bildet ser vi at profilen er ferdig vendt og klar for levering i presse 2. Demperen hjelper til med oppbremsingen i vendebevegelsen.



4.5.10 Generelt

Generelt for griperen kan vi si at spenningene er relativt små, og dette blir ikke dimensjonerende. Det som i tillegg har betydning ved posisjoneringsanordninger som det her er snakk om, er at de er nøyaktige og stabile. For at dette skal være tilfelle, må det ikke oppstå for mye vibrasjoner og svingninger i griperen. Størrelsen på nedbøyningen vil derfor være av betydning, mer enn spenningene.

For en nærmere beskrivelse av den nye griperen og komponentene den består av, se kapittel 5 (resultater).

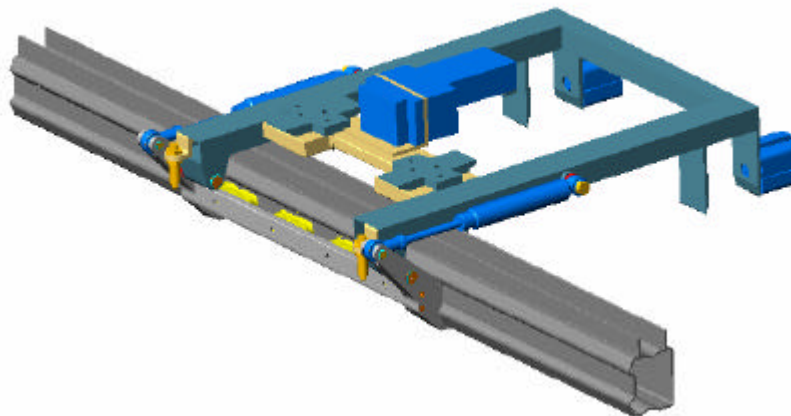
4.6 Diskusjon med oppdragsgiver

Underveis i prosjektet har vi hatt mange konstruktive diskusjoner med vår tekniske veileder ved avdelingen. Ettersom vi har kommet med forslag til endringer har vi tatt disse opp med veileder, og vurdert dem ut fra de begrensninger og ønsker som eksisterer.

5. Resultater

5.1 Beskrivelse av ny griper

Fullstendige konstruksjonstegninger ligger vedlagt, se vedlegg Q.



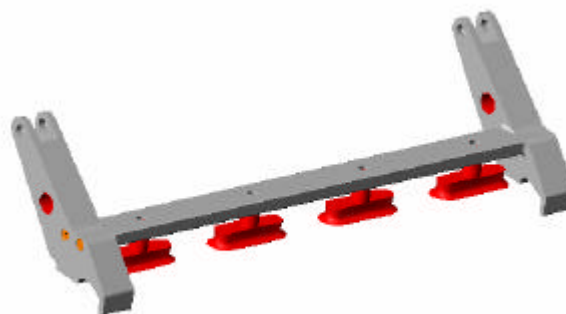
Grunnideen fra den opprinnelige griperen er beholdt. Det vil si at vi fortsatt har ei ramme hvor det er påmontert to gripeenheter. Ramma har også en innfestingsenhet for tilkobling til CD-materen.

Under følger en gjennomgang av den nye griperen og de komponenter den består av.

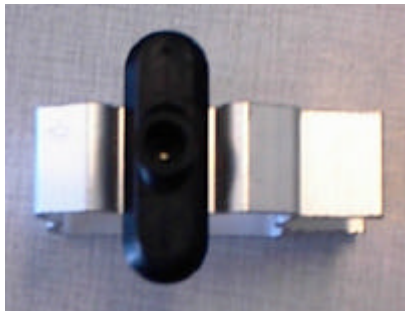
5.1.1 Komponenter i forbindelse med vendeanordning (gripeenhet B)

- **Gripeanordning**

- Materiale: Aluminiumslegering, AA6082 / NS17305. Denne legeringen er hard, og har en flytegrense på 255 N/mm^2 .
- Griper B har vi konstruert helt på nytt, og gått bort fra klypeanordningen. Tidligere var det masse klosser bare for festing av sylindrene og for utbygging. Griperne var også store i seg selv. Den hele akslingen har vi også fjernet.
- Valgt gripeanordning er laget i aluminium og består av 2 lester på endene, med en list i mellom. Lestene er tilpasset profilutseendet på venstre side, samt at den har en liten arm som holder litt innpå i underkant av profilen. På lista er det laget 4 hull med diameter på 8 mm. Sugekoppene skal festes i disse hullene. Lista skrues til lestene med aluminiumsskruer med en diameter på 5 mm og lengde på 50 mm. I tillegg kan lista limes til lestene for å oppnå bedre utmattingsfasthet.
- Gripeanordningen har en vekt på ca. 1 kg, og bygger relativt lite.



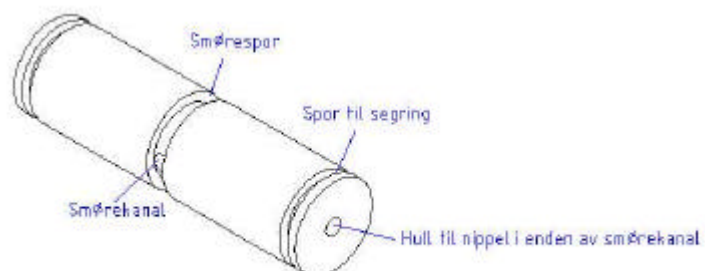
- Festet til stempelstanga er formet som en gaffel, og dette er en fordel fordi lageret i enden av stempelstanga kan også vri seg noe sidelengs i tillegg til å rotere. Ved å ha en aksling gjennom disse to gaffelbeina, får man en mer stabil fastholdelse av stempelstanga.
- Gripeanordningen er laget slik at vendesylindrene skal sitte på utsiden av ramma.
- **Sugekopper**
 - Vi har valgt å benytte 4 stk. ovale sugekopper med lest, med bredde 25 mm og lengde 75 mm. Disse sugekoppene er mye brukt hos Hydro, og de er derfor godt kjent med hvordan sugekoppene fungerer.
 - Sugekoppene griper midt på venstre side av profilen. Bredden er her 28 mm og det er plass til den 25 mm brede sugekoppen.



- **Glidelager med teflonbelegg på innsiden**
 - På gripeanordningen ses noen tynne røde lagre. Dette er glidelagrene som skal minske friksjonen mellom gripeanordning B og akslingen. Disse festes til gripeanordningen med Lock-Tite.
- **Dempere med fester**
 - Dempene er Industristøtdempere Serie 370 fra Rexroth. Dempene vi har valgt har ytre gjenger M12x1 med slaglengde 10 mm og dempekapasitet på 8,5 Nm.
 - Festene er laget i flattstål som er bøyd til for å passe inn i ramma. Disse kan enten skrues eller sveises fast til ramma. Utsnittet til høyre viser demperen skrudd fast til festebarketten, og braketten er festet inn i ramma.



- **Akslinger med smørekanaler**
 - Materiale: Konstruksjonsstål, S355, flytegrense på 355 N/mm². Dette er vanlig kvalitet på akslinger. Evt. kan overflaten nitreres for at slitasjen skal bli mindre. Dette gjøres spesielt hvis stål skal gnikke mot stål. Det er ikke tilfelle her.
 - Akslingene som benyttes for å feste stempelstang til vendeanordning og vendeanordning til ramma, samt bolten for å feste sylinder til ramma, kan lages med gjenging for smørenippel og kanaler for smøring. Dette for å gi

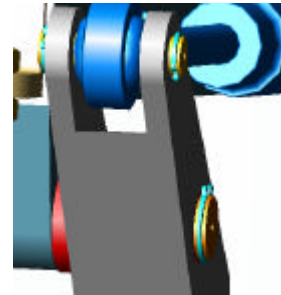


ekstra smøring både ved glidelagrene og kulelagrene. Behovet for smøring er størst ved glidelagrene, for kulelagrene har fett inne i lagrene. Etter ønske fra Hydro, har vi likevel laget mulighet for smøring også der hvor det sitter kulelager (i forbindelse med sylindere og stempel).

- I bakenden av vendesyndrene er det benyttet skruer M10 med samme system for smøring, men ikke bruk av segringer. Disse fester sylindren til brakettene som er fastsveist på ramma. Festene er gjenget med M10x1.

- **Segringer**

- I endene av de fire akslingene (2 stk. Ø10 og 2 stk. Ø16) har vi benyttet segringer for å holde akslingene på plass. Segringene settes på plass med en segringstang. På tegningen til høyre ses segringene som de turkise ringene på endene av akslingene. Akslingene kunne alternativt vært utformet slik at det bare ble brukt segring på den ene siden.



- **Plasthylser**

- På tegningen til høyre skimtes en rød plastskive / plasthylse mellom ramma og griperen. Misjonen er å bygge ut litt, slik at det blir klaring mellom den øvre akslingen og ramma ved rotasjonen. Vi har valgt å bruke plast fordi det gir mindre friksjon enn metall, og platen er mykere enn griperen og vil derfor ikke slite på denne. Tykkelsen på skiva er ca. 5 mm.

- **Vendesyndre**

- Vi har valgt å benytte to stk. vendesyndre fra Rexroth. De er av typen minisyndre, serie 522, diameter 25 mm. Slaglengden vi trenger er 85 mm. Syndrene er dobbeltvirkende med magnetisk stempel. Hensikten med det magnetiske stempelet er at man da kan bruke sensorer som registrerer stempelets posisjon.
- Det finnes flere typer sensorer, og disse leveres separat. Pris avhenger av kabellengder og type sensorer og kontakter.
- På den gjengede delen på stempelstanga, skrues det på en kuleleddskobling.
- På den gjengede delen i bakkant av synderen, skrues det på pendelfeste.



5.1.2 Komponenter i forbindelse med innfesting

- **Innfestingsbrakett**

- Materiale: Konstruksjonsstål i kvalitet S235.
- Med utgangspunkt i eksisterende innfestingsbrakett, har vi gjort noen endringer. Vi har fjernet flensene på siden som ble benyttet til å skru

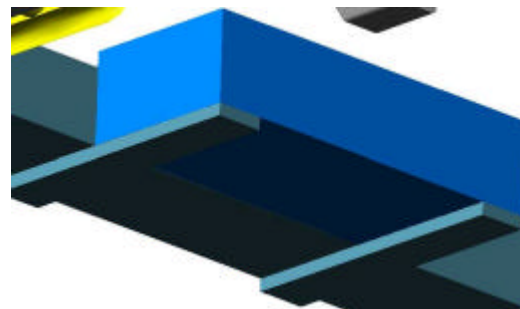


braketten til ramma. Justeringsmuligheten for plassering av braketten er dermed fjernet, men det er ikke behov for denne lenger. Totallengde på braketten er redusert i samsvar med reduksjon av rammens bredde. Lengden av innfestingsbraketten er nå 310 mm, og for å redusere byggemål i høyden har vi valgt å senke braketten ned mellom rammebeina. Justeringsmuligheten fjernes ved at braketten sveises fast til ramma. Braketten er i tykkeste laget, så vi reduserte tykkelsen fra 15 mm til 20 mm på den midterste delen. I tillegg kan man bore hull for å redusere vekten. Under innfestingskorsene kan vi ikke redusere tykkelsen fordi det her ligger luftkanaler.

- **Innfestingskors**
 - Materiale: Konstruksjonsstål i kvalitet S235.
 - De eksisterende korsene er beholdt, da disse er tilpasset innfestingen i CD-materen og inneholder luftkanaler. Korsenes plassering på innfestingsbraketten er av samme årsak beholdt.
- **Feste til pneumatikktilkobling**
 - Materiale: Konstruksjonsstål i kvalitet S235.
 - Disse er også beholdt da vi vet lite om kreftene som virker på dem ved selve tilkoblingen. Det er viktig at festet i alle fall er stivt nok, slik at kontaktene ikke forskyver seg eller gir etter. En evt. vektbesparelse ville dreid seg om ca. 200 gram.
- **Pneumatikktilkobling**
 - Materiale: Aluminiumslegering.
 - Denne boksen har lav vekt og er uendret.
- **Koblingsboks for pneumatikk**
 - Materiale: Aluminiumslegering.
 - Denne boksen har lav vekt og er uendret.

5.1.3 Komponenter i forbindelse med signaler

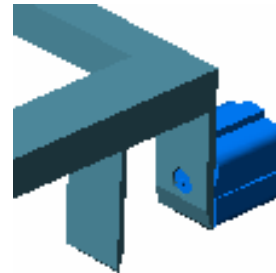
- **Koblingsboks for signaler**
 - Materiale: Aluminiumslegering.
 - Denne boksen har lav vekt og er uendret.
- **Holdere for koblingsboks for signaler**
 - Materiale: S235.
 - Vi har erstattet den gamle plata (t = 10mm) med to flattstålbitar (t = 5mm). Disse sveises fast i underkant av ramma, og holder koblingsboks for signaler på plass. Etersom boksen ligger helt inntil ramma, vil også dette stive opp noe. Koblingsboksen er senket noe ned i forhold til opprinnelig griper.



5.1.4 Komponenter i forbindelse med gripeenhet A

- **Flattstål**

- Materiale: Konstruksjonsstål i kvalitet S235.
- Flattstålene har tykkelse på 6 mm, og har en skråkant med avrundning i enden for å styre profilen inn i griperen. Avstanden mellom flattstålene når de er sveist fast til ramma er 75 mm. Profilens bredde er 70 mm. Det vil si at det er 2.5 mm klaring på hver side av profilen. Det bør være såpass i tilfelle flattstålene blir litt bøyd ved kollisjon, eller CD-materen ikke greier å posisjonere seg 100 % korrekt.

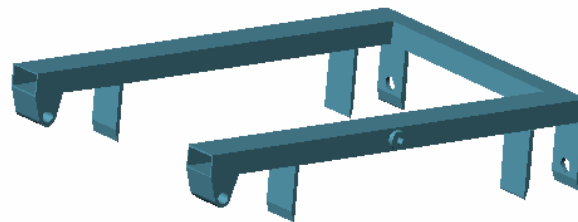


- **Kompaktsylindre: Norgren Ø40, slaglengde 10mm**

- Vi vurderte å skifte disse ut med noen mindre, men valgte å beholde dem på grunn av kapasitetsbehov. Sylindrene skrues fast til flattstålet i griperen, og stempelstanga går gjennom et hull i flattstålet. Ettersom avstanden mellom flattstålbitene er 5 mm mer enn bredden på profilen, vil det være passe med 10 mm slaglengde. De resterende 5 mm i slaglengde dekkes opp ved at tuppen på stempelstanga sitter litt inne i flattstålet (ikke helt opptil overflaten), og at det ytes et press mot aluminiumsprofilen.

5.1.5 Ramme

- Ramma består av to langsgående firkantrør med dimensjon 50mm x 30mm, t = 2mm, og et tverrgående rør på 30mm x 30mm, t = 2mm. Disse er sveist sammen. I tillegg utgjør innfestingsbraketten en tverrgående avstiver. På tegninga er ører for feste av aksling, flattstål til griper A og B, samt fester for sylindre sveist fast på ramma. Flattstålene til venstre på ramma, skal fungere som mothold ved opphenting av profilen.
- Ved at avstiveren som vises på bildet nå er sveist fast, og griper A (flattstål) er sveist direkte på ramma, er justeringsmuligheten fjernet. Dette er helt greit fordi det ikke lenger er behov for justering.
- I forhold til den gamle ramma har vi kuttet ut tverravstivende firkantrør ved innfestingsbraketten, da braketten fungerer som avstiver.
- Bredden av ramma er 410 mm, dvs. at ramma bygger 5 mm på hver side av klossen under CD-materen. Vi har valgt å konstruere det slik, for at det ikke skal kunne oppstå noen kollisjon med gripeanordning eller vendesylindre. Vår konstruksjon vil uansett ikke kollidere, men ved å ha denne rammebredden står man friere ved valg av vendesylindre og griper.



5.2 Overflatebehandling

Komponenter hvor forskjellige typer materiale er benyttet, og som berører hverandre, males eller lakkeres. Dette for å beskytte overflaten mot for eksempel spenningskorrosjon. Glidelageret festes i gripeanordningen med Lock-Tite og dette gir i tillegg et beskyttende belegg.

5.3 Vektbesparende tiltak

- Redusert rørtykkelse fra 3.2 mm til 2.0 mm.
- Redusert tykkelse på flattjern i griper fra 10 mm til 6 mm.
- Redusert tykkelse av midtre parti på innfestingsbrakett. Partiene på siden kan ikke reduseres i tykkelse på grunn av luftkanaler i godset.
- Fjerning av justeringsmuligheter på innfestingsbrakett. Fjerner unødvendig gods som overlapper ramma, og senker innfestingsbraketten ned mellom "rammebeina" og sveiser den fast til ramma.
- Fjerner tverrgående avstiver i ramma ved griper B fordi innfestingsbraketten fungerer som avstiver.
- Fjerner hel aksling på griper B. Erstatter denne med to korte, separate akslinger.
- Helt ny løsning på griper B (vendefunksjon). Går bort fra klypemekanisme og erstatter denne med sugekopper og støttende lester som er tilpasset profilformen.
- Reduserer vendesyndre fra Ø32 til Ø25, og går også over til en type sylindere som er lettere.
- Holder for koblingsboks for signaler. Holderen var tidligere en hel plate med tykkelse 10 mm. Vi har nå erstattet denne med to flattjern-biter med tykkelse 5 mm.
- Fjerner justeringsmuligheter på griper A.
- Byggemål på ramme reduseres.

Tidligere vekt av hele griper:	ca. 38 kg
- Vekt av ny gripeenhet:	ca. 15 kg
= Total vektbesparelse:	ca. 23 kg

Vektreduksjon i prosent: $(23/38)*100\% = \underline{\underline{60,5\%}}$

For utregning av vektbesparelse på de enkelte komponentene og totalt, se vedlegg H.

5.4 Reduksjon av byggemål

- I høyden:
 - Gammel griper: $H = 300.5 \text{ mm}$
Legg merke til at dette er før gripeanordning B har vendt. Ved vendingen vil total høyde bli enda større på grunn av griperens store byggemål og avstander fra rotasjonsaksen.
 - Ny griper: $h = 205.3 \text{ mm}$
Dette er maks høyde. Legg merke til at total høyde for ny griper er størst før vending.
 - Reduksjon i høyde: 95.2 mm (min.)
- I bredden:



- Gammel griper: $B = 746 \text{ mm}$
- Ny griper: $b = 486 \text{ mm}$
- Reduksjon i bredde: 260 mm

- I lengden:
 - Gammel griper: $L = 807.5 \text{ mm}$
 - Ny griper: $l = 688 \text{ mm}$
Denne lengden blir noe større når griper B har vendt.
 - Reduksjon i lengde: 119.5 mm (maks.)

5.5 Prisoverslag

Pris på ny griper blir på ca. 20 000,- inklusive monteringsarbeid / sveisearbeid og maskineringsarbeid. Dette gjøres av ansatte i Hydro, og dersom vi kun ser på materialkostnader, er total pris på kr 11 625,-.

Se for øvrig vedlagt prisoverslag, vedlegg I.

5.6 Forbedret vending

5.6.1 Tidligere start av vending etter presse 1

Den nye griperen bygger mindre og vil kunne starte vendingen umiddelbart etter at profilen er hentet opp, dersom det er ønskelig. Høyeste byggemål for griperen er når den henter opp profilen i presse 1.

5.6.2 Raskere vending

Den nye venderen kan vende over dobbelt så raskt som den gamle, dersom dette er ønskelig. Dagens vender på mellom 0.5 s og 0.6 s, mens den nye kan trolig vende på 0.2s til 0.3s. Dette er egentlig ikke nødvendig, fordi det ventes ikke på at griper B skal bli ferdig med vendingen i dag.

5.6.2 Enklere levering i presse 2

Den nye griperen er konstruert slik at man sparer en ekstra bevegelse i z-retning ved levering i presse 2. Etter å ha levert profilen kan CD1 med griper gå rett opp istedenfor først å bevege seg i x-retning og deretter i z-retning. Leveringen vil også gå raskere da man slipper å vente på at den mekaniske gripekloa. Nå kan sugekoppene bare slippe taket ved levering, og dette er mye raskere.

5.7 Økonomiske overslag

Når prosjektet startet opp, fikk vi vite at det var en flaskehals i CD1. Det var derfor interessant å få redusert syklustida her. I løpet av tiden vi har jobbet med prosjektet, har imidlertid maskininnstillinger blitt optimalisert, og flaskehalsen har forflyttet seg til presse 3. Så selv om vi oppnår en redusert syklustid i CD1 (mellom presse 1 og 2), ville ikke dette kunne føre til noen reduksjon av syklustiden totalt sett. Det tregeste leddet bestemmer! Vi har likevel gjort

et overslag på hvor mye tid som kan spares årlig, dersom vi antar at flaskehalsen fortsatt er i CD1.

Vi har i analysen av vendeprosessen funnet ut at det er 5 bevegelser i x-bevegelsen og 8 i z-bevegelsen. Ved hver bevegelse er det en start og en stopp, og for hver start og stopp er det en tilhørende akselerasjon. CD-materen har en bestemt kraft. Newtons 2. lov sier at $F = m \cdot a$. Det vil si at ved en reduksjon av massen vil akselerasjonen øke dersom kraften holdes konstant.

Leverandøren oppgir retningsverdier for hvor lang tid CD-materen bruker på å bevege seg i x- og z-retning med forskjellige laster. Se vedlegg J for informasjon om CD-materen. Ut fra disse tallene er det rimelig å anta en reduksjon i syklustid på rundt 0.2 s som en følge av en vektbesparelse på 23 kg.

Total årsproduksjon av produktet hvor denne griperen skal benyttes, er på 550 000 enheter. Med 0.2 sekunders besparelse pr. syklus, blir det årlig en besparelse på 110 000 sekunder, dvs. 30 timer og 33 minutter. Denne tiden kan for eksempel benyttes til vedlikehold eller økt produksjon. Merk at dette kun gjelder når det er flaskehals i CD1! I tillegg vil den nye griperen levere noe raskere i presse 2. Dette er ikke tatt med i betraktningene ovenfor.

6. Diskusjon av resultater

6.1 Fordeler med ny griper

- **Lavere vekt**

- Bedre HMS: Griperen blir lettere å håndtere som en følge av den reduserte vekta. Hver gang det skiftes til et annet produkt i produksjonen, må denne griperen monteres ut og inn av CD-materen. Høyden opp til innfestingen i CD-materen er ganske stor, og det vil være en belastning for rygg og skuldre å løfte denne griperen på plass gjentatte ganger. Med en vektreduksjon på 60 % vil man tydelig kjenne forskjell, og belastningen på operatørene blir mindre.
- På Arbeidstilsynets nettsider om ergonomi står følgende:

”Tungt arbeid ved løfting:

I utgangspunktet bør arbeidet organiseres slik at tunge løft unngås. I stående stilling er et løft på 25 kg under optimale forhold forsvarlig for de fleste. For gjentatte løft eller høyere vekt anbefales bruk av hensiktsmessige hjelpemidler som f.eks. hydrauliske løfteanordninger, vogner med separat bunn som kan høydereguleres, transportør, rullebord, taljer og truck. Ved tunge løft og løft av uhandterlige gjenstander bør man være to.”

Arbeidsgiveren har ansvar for godt arbeidsmiljø, og å sette helse, miljø og sikkerhet i system. Løftet er redusert fra 38 kg til 15 kg. Dette er en mer håndterlig vekt, og vil hjelpe Hydro som arbeidsgiver å tilby et forsvarlig arbeidsmiljø.



- Lavere vekt på selve gripeanordning B, fører til at det blir mindre slitasje på lager og de bevegelige delene. Dessuten fører det til at vendesyndrene kan være mindre, og dermed også lettere. Luftforbruket blir også redusert.
- Lavere vekt på hele griperen fører til mindre belastning på innfestingskomponenter på griper og i CD-mater, samt på drivverk i CD-mater.
- **Færre komponenter**
 - Den gamle griperen hadde veldig mange komponenter i forbindelse med vendeanordningen. Antall komponenter er nå redusert, og antall feilkilder vil dermed også reduseres. Andelen for nedetid vil forhåpentligvis gå ned.
- **Færre signaler**
 - Ettersom vi har gått bort fra griperen med kloa, har vi også fått to mindre signaler å behandle. Det blir færre ledninger, lettere koblingsboks og færre kilder til feil.
- **Mindre klemfare**
 - Kombinasjonen av lavere vekt på delene som roteres og færre komponenter, gjør at faren for at fingrer og lignende kommer i klem ved montering / håndtering av griperen, reduseres.
- **Mulighet for reduksjon i syklustid**
 - Det er gode muligheter for å redusere syklustida i CD1 med om lag 0.2 s, men man må her merke seg at syklustida for hele linja ikke blir redusert som en følge av dette tiltaket. Ettersom det nå er presse 3 som utgjør flaskehalsen, må man se på alternativer for å redusere syklustida her dersom man ønsker en redusert syklustid totalt.
 - Slik situasjonen er nå, skiller det kun 0.1 til 0.2 sekunder i syklustid mellom de forskjellige pressene og CD-materne. Det vil si at dersom man reduserer syklustida i en flaskehals, vil det straks bli en / flere andre flaskehalser.

6.2 Ulemper med ny griper

- **Ulempene med den nye griperen er knyttet til usikkerheter angående:**
 - Buk av sugekopper ved vending.
 - Sugekopper blir benyttet til griper som håndterer støtfangere uten å vende dem. Ved vending oppstår det problemet at det blir krefter inn fra siden i forhold til sugekoppens kraftretning / arbeidsakse. For at betydningen av dette skal reduseres, har vi benyttet en stabiliserende lest som er formet etter profiloverflaten. Ved rotasjonen hindrer denne profilen i å slenge frem og tilbake. Likevel er det noe usikkert om sugekoppene vil kunne holde igjen, ettersom dette ikke er testet ut.
 - Ved å bruke sugekopper, økes luftforbruket betraktelig i forhold til vendesyndre. Man nærmer seg antakelig luftkapasiteten til CD-materen. Det må gjøres en nærmere undersøkelse av det faktiske luftforbruket før man kan si eksakt om dette går. Se vedlegg G for beregning av luftforbruk.

- Det finnes ingen teori for hvordan man skal bygge / konstruere en gripeanordning. Man må gjøre nytte av blant annet konstruksjonsteori, mekanikk, fysikk og pneumatikk-beregninger. Det er om å gjøre å finne ut hvilke teorier som best beskriver virkeligheten og prøve å benytte disse på en best mulig måte. Av og til er det vanskelig å finne en teori som passer til den eksakte problemstillingen. Da kan en nøye analyse av problemstillingen av og til være nyttig, for å se om man kan dele problemet opp i mer håndterlige deler. Beregningene kan også utføres på flere måter for deretter å sammenligne resultater opp mot hverandre. Det ligger altså en viss usikkerhet i forbindelse med hvordan et praktisk problem angripes teoretisk sett.
- Ved utregning av akselerasjoner ved rotasjon og CD-materens bevegelser, har vi gjort den tilnærmingen at det er konstant akselerasjon. I virkeligheten vil ikke akselerasjonen være 100 % konstant, men tilnærmingene vi har gjort er antakelig ikke så gale. Vi kontrollerte for eksempel våre overslag av akselerasjonen til CD-materen i x- og z-retning opp mot de tallene leverandøren benyttet i et regneeksempel for CD100, og de stemte veldig godt. For rotasjonsbevegelsen finnes det ikke noen tall fra leverandøren av CD-materen, fordi de ikke har laget griperen som monteres i CD-materen. Dessuten vil tangentiell-akselerasjonen ved en rotasjonsbevegelse avhenge av avstanden til rotasjonssenteret, samt av rotasjonstiden. Rotasjonstiden avhenger igjen av vendesyndrenes kapasitet og hastighet. Avstanden til rotasjonssenteret avhenger av konstruert gripeanordning. Det er derfor knyttet usikkerhet til rotasjonsakselerasjonen.
- Akselerasjonen er regnet ut ved bruk av videoklipp på pc og stoppeklokke. Det er en viss unøyaktighet i en manuell tidtaking, særlig på tider ned i tidels-sekunder. Den relative feilen blir fort stor. Likevel mener vi å ha ganske god kontroll på dette fordi vi har tatt tiden flere ganger.
- En mest mulig riktig akselerasjon er viktig, for å få mest mulig riktige krefter. For alle dimensjoneringer av ramme, gripeenhet, gripesyndre i A og B, demper, dempefeste osv., har vi benyttet krefter som er utregnet ved hjelp av Newtons 2. lov, Kraft = Masse * Akselerasjon. Usikkerheter i utregningen av akselerasjonen vil derfor få relativt stor betydning ettersom mange av dimensjoneringene bygger på denne.

7. Konklusjon

7.1 Resultater

Vi har holdt oss til den avgrensingen vi gjorde i forprosjektet, og hovedvekten er dermed lagt på griperen som sitter i CD-materen mellom presse 1 og 2. Som resultat på hovedprosjektets mål om en optimalisering av vendeprosessen, har vi utviklet en ny griper med utgangspunkt i den gamle. Den nye griperen har reduserte byggemål (tar mindre plass) i alle retninger, den er 23 kg lettere (60 %) og har en helt ny gripe- og vendeanordning for griper B. De krevde funksjoner og mål er beholdt.

Vektreduksjonen vil anslagsvis bidra til å redusere syklustiden for CD-mater 1 med ca. 0.2 sekunder. Undervegs i prosjektet har imidlertid forutsetningen om at CD1 er en flaskehals, endret seg. I dag er presse 3 en flaskehals, og det vil ikke ha noen betydning om syklustiden reduseres i CD1. Ser vi på den gamle forutsetningen om at CD1 var flaskehals, ville den reduserte vekten bidra til en innsparing på om lag 30 produksjonstimer årlig. Ny griper har også en raskere levering i presse 2, og CD-materens bevegelse etter levering forkortes med en bevegelse. Dette bidrar også til redusert syklustid.

Den nye griperen kan, dersom det er ønskelig, starte vendingen tidligere. Dette er et resultat av reduserte byggemål. For å få minst mulig akselerasjon og belastning ved rotasjonsbevegelsen, anbefaler vi imidlertid at vendingen skjer når CD-materen har konstant fart eller oppbremsing i x-retningen. Ønskes det derimot å vende samtidig som CD-materen akselerer i x-retning, er også dette i orden ettersom vi har dimensjonert ut fra dette tilfellet.

Når det gjelder bruk av roboter, så er ikke dette aktuelt mellom presse 1 og 2. På skisseringsstadiet har vi imidlertid kommet med et forslag til hvordan man kan gjøre nytte av blant annet robot til vending etter kjøleren. Dette var ikke en del av kjernen i oppgaven, og vi har derfor ikke gått i detalj når det gjelder disse forslagene.

De økonomiske analysene har vi begrenset til å gjelde for den konstruerte griperen. De endrede forutsetninger med at presse 3 er flaskehals og ikke CD1, gjorde at det ikke ble så veldig nyttig å se på de økonomiske analysene for redusert syklustid i CD1. Imidlertid er andre aspekter vel så viktig når det gjelder den nye griperen, så som sikring av HMS, færre feilkilder og mindre slitasje.

Usikkerheter dreier seg for det meste om bruk av sugekopper til vending, og beregning av akselerasjon og krefter. Likevel er det en del å gå på, fordi de beregnede spenninger ligger godt under materialenes flytegrenser. For å hindre vibrasjoner i konstruksjonen, har vi derfor lagt større vekt på nedbøyinger. Disse er akseptable.

7.2 Evaluering

Resultatene av dette prosjektet kan brukes til å lage en ny griper til bruk i CD-mater 1. Rapporten og vedleggene inneholder dessuten en del betraktninger, ideer og analyser som kan være nyttige ved den aktuelle linja, men også andre steder i Hydro.



Faglig sett har vi lært mye om konstruksjon, tegning og beregninger, og hvordan gjøre gode anslag når datagrunnlaget er tynt. I praksis ser vi at man ofte tar i så det holder, og ofte ender opp med tunge og overdimensjonerte konstruksjoner. Dersom man senere skal drive utvikling av griperen, finnes det nå tegningsunderlag og dokumentasjon for konstruksjonen.

Prosjektgruppen har bestått av 2 personer, og vi her etter beste evne fordelt oppgaver mellom oss. Samarbeidet har fungert godt, og vi har kommet fram til løsninger i fellesskap etter innspill fra begge. Våre veiledere i Hydro har tatt seg tid til oss, til tross for at de har travle dager med mange oppgaver. Også operatører ved linja har vært åpne for spørsmål. De faglige diskusjonene med teknisk kontaktperson har vært særlig givende og interessante.

8. Litteraturliste

Tittel	Forfatter	Utgiver	Årstall	Tema
Verksted- Håndboka	Hartvigsen, Lorentsen, Michelsen, Seljevoll	Yrkes- opplæringen ans	1994	Friksjonsfaktorer Materialer
Klassisk mekanikk – Fysikk for ingeniører	Hallseth, Haugan, Hjelmen, Isnes	NKI-Forlaget	1995	Akselerasjon ved rotasjon og rettlinjert bevegelse
Tekniske tabeller	Jarle Johannessen	J.W. Cappelens Forlag AS	1995	Nedbøyingformler Tregghetsmoment
Mekanikk for teknisk fagskole	Øistein Vollen	NKI-Forlaget	1995	Spenninger
Basiskatalog Pneumatikk 2001		Rexroth Mecman	2001	Pneumatikk-sylindre Dempere
SKF-Prisliste		SKF	1999	Lagre
Sommer- automatic, Grippers		Sommer- automatic GmbH & Co.KG	2000	Forskjellige griper

Se også vedlagt kontaktliste (Vedlegg O) over forhandlere vi enten har vært i direkte kontakt med eller har besøkt på Internett.

9. Vedlegg

A: ORDFORKLARINGER	42
B: NEDBØYINGSFORMLER	43
C: FORPROSJEKTRAPPORT	44
D: PRODUKSJONSFLYT FOR LINJE M 24	48
E: KARTLEGGING	49
F: IDÉUTVIKLING	55
G: BEREGNINGER	58
G.1 AKSELERASJONSBEREGNINGER	58
G.2 PNEUMATIKKBEREGNINGER.....	60
G.3 DIMENSJONERING / STYRKE	63
H: VEKTOVERSLAG, GRIPER	69
I: PRISOVERSLAG PÅ GRIPER MED VENDEFUNKSJON	71
J: INFORMASJON OM CD-MATER (CD100)	73
K: LOGGBOK	75
L: FRAMDRIFTSPLAN	93
M: TIMELISTE	94
N: MØTEREFERATER	95
N.1 MØTER MED VEILEDERE I HYDRO.....	95
N.2 MØTER MED VEILEDER VED HiG	98
O: KONTAKTLISTE	100
P :STATUSRAPPORT	101
Q: TEGNINGER	103