



# TEKNISKA HÖGSKOLAN

HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

## Utveckling av omrörningsenhet

Oscar Lindström  
Simon Ivarsson

EXAMENSARBETE 2010

Utveckling av omrörningsenhet för Rheogjutning



# TEKNISKA HÖGSKOLAN

## HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

### **Utveckling av omrörningsenhet** Development of a stirring device

Oscar Lindström  
Simon Ivarsson

Detta examensarbete är utfört vid Tekniska Högskolan i Jönköping inom ämnesområdet maskinteknik. Arbetet är ett led i den treåriga högskoleingenjörsutbildningen. Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Examinator: Mikael Cederfeldt

Handledare: Dag Raudberget

Omfattning: 15 hp (grundnivå)

Datum:

Arkiveringsnummer:

## **Abstract**

This report is the result of a thesis project conducted in cooperation with the company RheoMetal AB in Jönköping. RheoMetal AB offers foundries a method for better and cheaper production of cast aluminum components. The thesis corresponds to 15 credits and is part of the three-year mechanical engineer education, specializing in product development and design at Jönköping University.

The thesis is to develop and manufacture a stirring device for production of samples for a specific casting process. The molding process is called rheo casting which means the mixing of solid metal with a metal melt to obtain so-called slurry. The task of the device is to mix the solid metal with the melt by stirring. Key features of the stirring device are adjustable engine speed and easy to operate in all aspects. The device should also be robust and portable as it should be easy to transport to various foundries.

The task has been broken down and solved in partial solutions, various known methods for product development was used. The authors have produced drawings which have been used for manufacturing. The work has resulted in a useable stirring device. The manufacturing has been carried out by the authors in the workshop at Jönköping University.

### **Keywords**

Laboratory equipment

Rapid S

Rheo casting

RheoMetal

Stirring device

## **Sammanfattning**

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete genomfört i samarbete med företaget RheoMetal AB i Jönköping. RheoMetal AB erbjuder gjuterier en metod för bättre och billigare produktion av gjutna aluminiumkomponenter. Examensarbetet motsvarar 15hp och är en del av den treåriga maskiningenjörsutbildningen med inriktning mot produktutveckling och design vid Jönköpings Tekniska Högskola.

Examensarbetet går ut på att utveckla samt tillverka en omrörningsenhet för framtagning av prover för en specifik gjutprocess. Gjutprocessen kallas rheogjutning och går i grova drag ut på att blanda fast metall med en metallsmälta för att erhålla en så kallad slurry. Enhetens uppgift är att genom omrörning blanda den fasta metallen med smältan. Viktiga egenskaper hos omrörningsenheten är reglerbart varvtal på motorn, smidigt manövrerbar i samtliga led samt att enheten ska vara robust och portabel då den ska vara enkel att ta med till olika gjuterier.

Uppgiften har brutits ner och lösts i delösningar, diverse kända metoder för produktframtagning har använts. Författarna har tagit fram ritningsunderlag som sedan använts vid tillverkning. Arbetet har resulterat i en fungerande omrörningsenhet. Tillverkningen har utförts av författarna i verkstaden på Jönköpings Tekniska Högskola.

### **Nyckelord**

Laborationsutrustning

Omrörningsenhet

Rapid S

Rheogjutning

RheoMetal

## **Förord**

Ett stort tack vill författarna rikta till de personer som varit engagerade i detta examensarbete. Personerna i fråga har varit till stor hjälp vid både utveckling och tillverkning av omrörningsenheten.

Dag Raudberget –Handledare, Jönköping Tekniska Högskola

Magnus Wessén – Uppdragsgivare, RheoMetal AB

Toni Bogdanoff – Laboratorieingenjör, Jönköping Tekniska Högskola

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund .....</b>	<b>7</b>
2.1	SYFTE OCH MÅL .....	9
2.1.1	<i>Produktens krav</i> .....	9
2.2	AVGRÄNSNINGAR .....	10
2.3	DISPOSITION .....	10
2.4	METODER .....	10
2.4.1	<i>WBS – Work Breakdown Structure</i> .....	10
2.4.2	<i>Brainstorming</i> .....	10
2.4.3	<i>Go/No-Go-sällning</i> .....	11
2.4.4	<i>Mock-up</i> .....	11
<b>3</b>	<b>Genomförande .....</b>	<b>12</b>
3.1	WBS – FUNKTIONSNEDBRYTNING .....	12
3.2	MOTORALTERNATIV .....	12
3.2.1	<i>Grov sällning av motorer</i> .....	13
3.2.2	<i>Slutgiltig sällning av motorer</i> .....	13
3.3	STATIVLÖSNINGAR .....	15
3.3.1	<i>Placering av motor</i> .....	15
3.3.2	<i>Sällning, placering av motor</i> .....	16
3.3.3	<i>Rörelse – ut/in(x-led) ↔</i> .....	17
3.3.4	<i>Rörelse – upp/ner(y-led) ↓</i> .....	19
3.3.5	<i>Sällning av stativlösningar</i> .....	22
3.3.6	<i>Vidare utveckling av valda stativlösningar</i> .....	23
3.3.7	<i>Slutgiltig sällning av stativlösningar</i> .....	25
3.4	SKYDDSLÖCK .....	25
3.5	VÄRMESKYDD .....	25
3.6	KONSTRUKTION .....	25
3.6.1	<i>Konstruktion av parallellarm</i> .....	25
3.6.2	<i>Konstruktion av vikarm</i> .....	26
3.6.3	<i>Konstruktion av stativinfästning</i> .....	26
3.6.4	<i>Konstruktion av skyddslöck</i> .....	27
<b>4</b>	<b>Resultat .....</b>	<b>28</b>
4.1	MOTOR .....	28
4.2	PARALLELLARM .....	28
4.3	VIKARM .....	29
4.4	STATIVINFÄSTNING .....	29
4.5	SKYDDSLÖCK .....	30
4.6	TILLVERKNING .....	31
<b>5</b>	<b>Diskussion och slutsatser .....</b>	<b>33</b>
5.1	METODDISKUSSION .....	33
5.2	RESULTATDISKUSSION .....	34
5.3	SLUTSATSER .....	34
<b>6</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>Sökord .....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>Bilagor .....</b>	<b>38</b>
8.1	KRAVSPECIFIKATION .....	39
8.2	KOMPONENTLISTA .....	40

8.3	INSPIRATIONSBLIDER FÖR STATIV.....	45
8.4	BERÄKNINGAR.....	47
8.4.1	<i>Beräkningar fjädrar:</i> .....	47
8.4.2	<i>Beräkningar krafter inre led vikarm</i> .....	48
8.4.3	<i>Beräkningar krafter yttre led vikarm</i> .....	49
8.4.4	<i>Beräkning krafter parallellarm</i> .....	50
8.5	RITNINGAR.....	51

# **I Inledning**

Examensarbetet är ett samarbete med RheoMetal AB. De har utvecklat en gjutningsprocess för rheogjutning av aluminiumkomponenter där befintliga pressgjutningsmaskiner används. Skillnaden mellan rheogjutning och traditionell pressgjutning är att vid rheogjutning blandas fast metall med smälta för att erhålla en så kallad slurry, vilken sedan pressas in i formen.

Uppdraget är att utveckla en omrörningsenhet till deras laborationsutrustning. Omrörningsenhetens funktion är att genom omrörning blanda smältan med den fasta metallen för att framställa slurryn. Målsättningen med omrörningsenheten är att utveckla en fungerande utrustning som RheoMetal AB kan använda vid laborationstester samt vid uppvisande av deras gjutprocess. De viktigaste funktionerna för omrörningsenheten är reglerbart varvtal på motorn samt att enheten ska vara robust och portabel.

Lösningar har tagits fram genom att dela upp enhetens huvudfunktioner i delfunktioner. Dessa delfunktioner har sedan lösts separat genom användning av olika metoder för idégenerering och sållning.



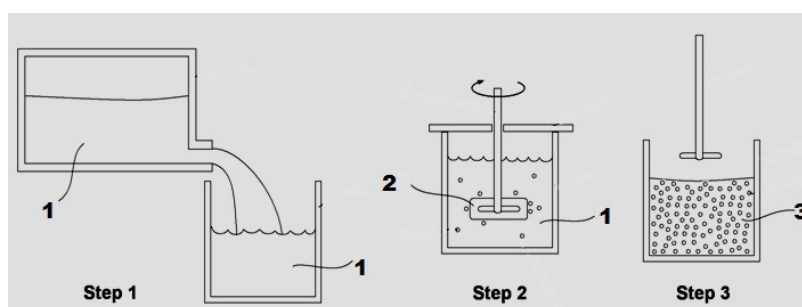
## 2 Bakgrund

År 2004 forskade Haiping Cao inom effekten av entalpiutbyte i aluminiumsmälta på Jönköpings tekniska högskola. Resultatet av forskningen lade grunden till ett världspatent inom rheogjutning, Rapid Slurry Forming, även kallad Rapid S. År 2005 grundades företaget RheoMetal AB i Jönköping av Haiping Cao och Magnus Wessén [1].

RheoMetal AB erbjuder gjuterier en metod för bättre och billigare produktion av gjutna aluminiumkomponenter. Denna metod kallas Rapid S och den går ut på att blanda fast aluminium med smälta för att erhålla en slurry, se **figur 2.1**.

1. Smält aluminium
2. Fast aluminium (\*EEM)
3. Aluminiumslurry

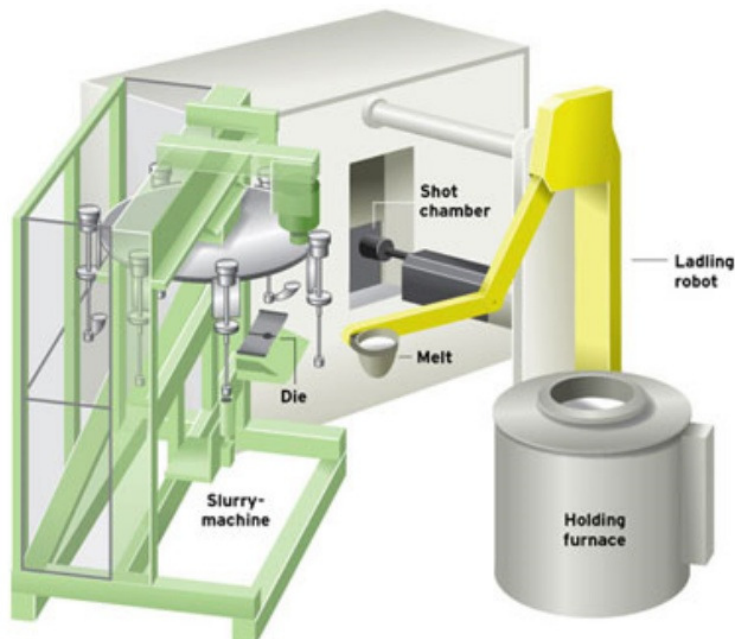
\* EEM = *Enthalpy Exchange Material*



Figur 2.1. Framställning av slurry

Denna slurry pressas sedan in i formen på en vanlig pressgjutningsmaskin. Fördelarna med denna process jämfört med traditionell pressgjutning är:

- Högre produktionstakt på grund av kortare cykeltider.
- Upp till 3 gånger längre livstid på formverktyg på grund av lägre temperatur, tryck och flödes hastighet.
- Mindre formsmörjning krävs på grund av lägre temperatur.
- Mindre pressgjutningsmaskiner kan användas på grund av att lägre tryck krävs.
- Med denna metod erhålls även ett material med bättre egenskaper och mindre porer än vid traditionell gjutning.



*Slurrymaskin i produktion. Maskinen består av en roterande platta med 6 stycken roterbara stänger. På varje stång gjuts aluminium fast varefter plattan roterar och götet stelnar. En robot placerar smälta under stången med götet och slurrymaskinen rör om. Slurry bildas och hålls sedan i pressgjutningsmaskinen, se figur 2.2.*

Figur 2.2 Slurrymaskin[2].

RheoMetal AB's forskning sker i nära samarbete med Jönköpings Tekniska Högskola. Vid framställning av slurry för tester har en provisorisk omrörningsenhet använts, se figur 2.3. Omrörningsenheten används vid experiment på Högskolan samt demonstrationer ute hos kunder. Enheten monteras vid experiment fast på ett stativ i anslutning till en smältugn. En stav med fast material monteras på enheten för att sedan föras ner och röras om i smältan, då bildas slurry. Den befintliga prototypen består av en bormaskin monterad i ett stativ som endast går att justera upp och ner. Hela enheten måste lyftas fram till ugnen efter att locket öppnats vilket är besvärligt. Varvtalet går att reglera inom ett visst spann men ingen avläsning av varvtalet finns. Uppgiften är att ersätta denna enhet med en mer genomtänkt och robust variant.



Figur 2.3 Befintlig prototyp

## 2.1 Syfte och mål

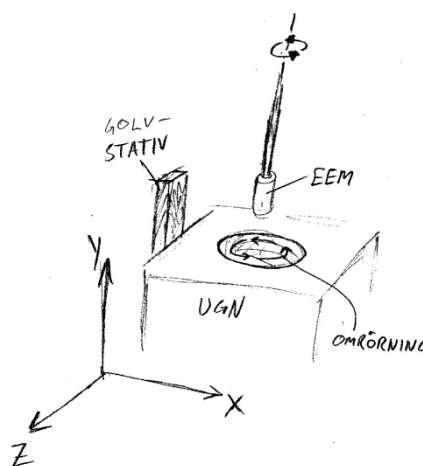
Syftet med examensarbetet är att lära sig tillvägagångssätt samt utnyttja befintlig kunskap för att vidareutveckla samt förbättra en befintlig prototyp. Arbetet kommer även ge nyttig erfarenhet inom konstruktion då författarna ska tillverka en produkt efter egna ritningar.

Det gemensamma målet för arbetet är att utveckla samt bygga en väl fungerande omrörningsenhet som uppfyller uppdragsgivarens krav. Produkten ska till så stor del som möjligt vara uppbyggd av standardkomponenter för att underlätta reparation och underhåll.

### 2.1.1 Produktens krav

Produktens krav har tagits fram i samråd med uppdragsgivaren. På flertalet av kraven har inga exakta siffror bestämts utan enbart riktlinjer att eftersträva. Följande krav ställs på omrörningsenheten:

- Justerbart varvtal
- Robust
- Låg vikt
- Portabel
- Smidigt manövrerbar i x och y-led
- Okänslig mot krävande miljöer
- Lock för skyddsgas
- Standardkomponenter
- Infästning av EEM
- Ska kunna anpassas efter ugnstorlek



Figur 2.4. Koordinater

Den färdiga produkten ska vara smidig att ta med sig ut till kunder, därför är det viktigt att den är kompakt och att vikten är låg samt att den ska kunna användas oberoende av storlek på smältugn.

Robustheten är också viktig då produkten ska kunna monteras, demonteras och transporteras efter varje användning.

Arbetsmiljöerna där produkten kommer användas är krävande då det råder höga temperaturer samt att luftföroreningar förekommer.

Produkten ska vara smidig att manövrera. Rörelse upp och ned är ett krav, önskvärt är även rörelse i sidled så att en ”omrörande” rörelse kan erhållas, se **figur 2.4**. Utrustningen är även tänkt att användas vid tester med magnesium vilket kräver ett lock för skyddsgas för att hindra oxidering av smältan. Infästning av det fasta materialet, EEM, ska kunna ske på ett okomplicerat sätt.

Utförligare beskrivning på kraven presenteras i bifogad Kravspecifikation, **bilaga 1**. Beställare av produkten är Magnus Wessén, RheoMetal AB.

## 2.2 Avgränsningar

Författarna har valt att inte fördjupa sig i rheogjutningsprocessen utan anser att kravspecifikationen är fullt tillräcklig som underlag för att genomföra arbetet.

## 2.3 Disposition

Rapporten är uppdelad i huvudrubrikerna inledning, bakgrund, genomförande, resultat samt diskussion och slutsatser. Inledningen beskriver vad examensarbetet går ut på. I bakgrund beskrivs företaget RheoMetal AB och deras verksamhet samt vad den färdigutvecklade produkten ska användas till. Genomförandet börjar med en funktionsnedbrytning, därefter följer konceptgenerering och sällning av varje delfunktion. Beräkningar har utförts för att dimensionera motorstorlek och stativ. I resultat presenteras de färdiga idéerna i form av CAD-modeller vilka har använts som ritningsunderlag vid byggandet av omrörningsenheten. I diskussion och slutsatser diskuteras de resultat som tagits fram och vad som skulle kunna ha gjorts annorlunda.

## 2.4 Metoder

Utvecklingsarbetet har utförts efter de sätt författarna lärt sig under utbildningen. Arbetet började med en funktionsnedbrytning för att på ett överskådligt sätt kunna se vilka funktioner som var nödvändiga att lösa. För att generera koncept som löser de olika funktionerna har metoden brainstorming använts, sällning bland dessa koncept har genomförts med hjälp av metoderna go/no-go-sällning samt mock up. Nedan följer en kort förklaring av dessa metoder.

### 2.4.1 WBS – Work Breakdown Structure

WBS är en metod för att bryta ner projekt i delprojekt. Projektets olika delprojekt ställs upp i en hierarkisk trädstruktur för att enklare kunna strukturera upp arbetet [3].

### 2.4.2 Brainstorming

Brainstorming är en metod för att utveckla och komma på nya idéer. Metoden genomförs oftast gruppvis och deltagarna har möjlighet att vidareutveckla

varandras idéer. Grundtanken är att många idéer ska genereras och dokumenteras samt att ingen idé får kritiseras[4].

### 2.4.3 Go/No-Go-sällning

Go/No-Go-sällning används vid koncepturval. Metoden går ut på att bedöma hur väl koncepten uppfyller kundkraven och utifrån detta välja vilka koncept som är lämpliga att vidareutvecklas. Koncept och kriterier ställs upp i en matris där lämpligheten sedan bedöms med plus, minus eller frågetecken[5].

(+) *Ja, potential finns*

(-) *Nej, potential finns ej*

(?) *Ytterligare information krävs*

### 2.4.4 Mock-up

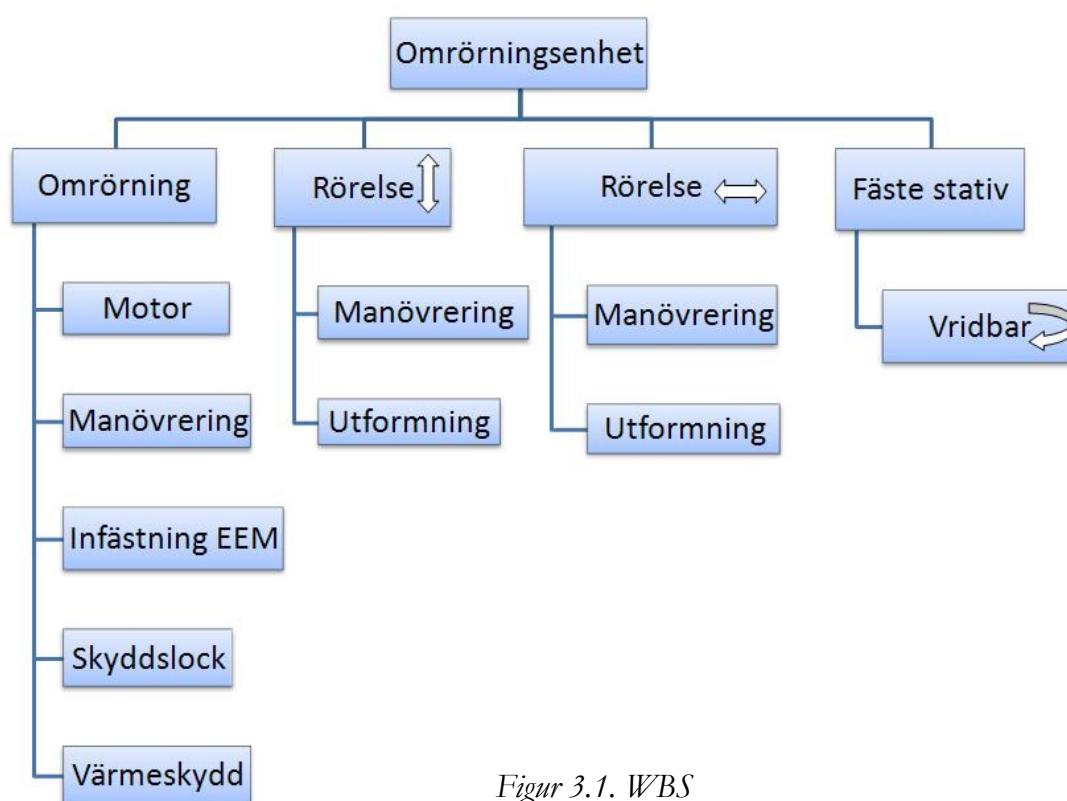
Mock-up innebär att skalade eller fullskaliga modeller av en produkt eller komponent byggs för att kontrollera dess olika funktioner. På detta vis är det lättare att utvärdera och få en känsla av hur koncepten fungerar i verkligheten, vilket kan användas som underlag vid sällning[5].

### 3 Genomförande

Genomförandet börjar med en funktionsnedbrytning, därefter följer konceptgenerering och sållning av varje delfunktion. Beräkningar har utförts för att dimensionera komponenter till stativet. En stor del av tiden har lagts ned på att finna lämpliga standardkomponenter till omrörningsenheten.

#### 3.1 WBS – funktionsnedbrytning

För att få en uppfattning om vilka funktioner som skulle lösas gjordes en så kallad Work Breakdown Structure. I denna funktionsnedbrytning radades fyra huvudfunktioner. Varje huvudfunktion delades sedan upp i delfunktioner, se **figur 3.1**.



Figur 3.1. WBS

Utifrån denna funktionsnedbrytning togs olika koncept fram för att lösa funktionerna.

#### 3.2 Motoralternativ

För att finna en lämplig motor till omrörningsenheten gjordes det efterforskningar via sökmotorer på internet för att finna lämpliga alternativ. Med utgångspunkt från motorns kravspecifikation hittades ett antal olika motorer som skulle kunna uppfylla uppsatta krav. För att undersöka hur de olika motorerna uppfyllde kraven gjordes en djupare undersökning av produkterna, dels via återförsäljare av olika produkter och dels via informationsökning på olika tillverkares hemsidor.

### 3.2.1 Grov sällning av motorer

En grov matris med för och nackdelar upprättades för att kunna sälla bort de motorer som inte uppfyller kraven, se **figur 3.2**.

	**Färdig omrörare	AC-motor	DC-motor	***Befintlig produkt	Tryckluftsmotor
Varvtalsreglering	+ Inbyggt	+ Separat regulator	+ Enkel reglering	- Ej exakt varvtalsregl.	- Ej exakt varvtalsregl.
Varvtal	+ Uppfyller kraven	+ Uppfyller kraven	- Låga varvtal, kräver växel	+ Uppfyller kraven	- Uppfyller ej kraven
Pris	- För dyr	+ OK pris	- Dyr	+ Billig	+ OK pris
*Infästning EEM	+ Ingår	- Ingår ej	- Ingår ej	+ Ingår	- Ingår ej
Robusthet	- Plastig	+	-----	-	+
Vikt	+ Låg vikt	- Hög vikt	-----	+ Låg vikt	+ Låg vikt

Figur 3.2. Sällningsmatris

\* Infästning av EEM ingår i dessa fall i form av en chuck.

\*\* Färdig omrörare innebär en enhet med motor, varvtalsreglering och chuck, som finns att köpa färdig på marknaden.

\*\*\* Befintlig produkt innebär användande av till exempel en bormaskin.

Sällning av motorerna resulterade i att Färdig omrörare valdes bort på grund av ett för högt pris. Tryckluftsmotor valdes bort på grund av att den inte uppfyllde kraven för varvtal då dessa motorer inte har ett tillräckligt brett varvtalsspann. DC-motor valdes bort av två anledningar, dels på grund av ett högt pris, dels på grund av att den inte uppfyllde kraven för varvtal och skulle därför behöva utrustas med någon typ av växel. På grund av att detta framkom tidigt undersöktes ej samtliga kriterier vidare. De två motorerna som återstod var nu AC-motor samt Befintlig produkt.

### 3.2.2 Slutgiltig sällning av motorer

För att få en uppfattning om vilka kriterier som var viktigast upprättades en så kallad viktmatris. Kriterierna som används i viktmatrisen hämtades från kravspecifikationen samt andra viktiga krav. I viktmatrisen jämförs olika kriterier mot varandra för att avgöra vilket som är viktigast. Kriterierna upprättas i rader samt kolumner, se **figur 3.3**. Om kriteriet i raden är viktigare än kriteriet i kolumnen resulterar detta i ett ”+”, om kriteriet i kolumnen är viktigare än det i raden resulterar det i ett ”-”. Antalet ”+” och ”-” summeras för att sedan användas i beslutsmatrisen.

	På/Av knapp	Vikt	Varvtals-reglering	Robusthet	Utseende	Pris	*Slippa extra komp.	Antal +	Antal + och -	Totalt
På/Av knapp	X	+	-	-	+	+	-	3	3+0	3
Vikt		X	-	-	+	+	-	2	2+0	2
Varvtals-reglering			X	+	+	+	+	4	4+2	6
Robusthet				X	+	+	+	3	3+2	5
Utseende					X	-	-	0	0+0	0,5
Pris						X	-	0	0+1	1
*Slippa extra komp.							X		0+4	4
Antal -		0	2	2	0	1	4			

Figur 3.3. Viktmatris

\* ”Slippa extra komponenter” innebär att delar som till exempel varvtalsgivare skulle behövas för att få motoralternativet att fungera tillfredsställande.

Om summan för ett kriterium blir noll används en regel där den näst minsta poängen, i detta fall ett, ska divideras med två. Därmed får ”utseende” en halv poäng.

I beslutsmatrisen jämförs hur väl kriterierna stämmer med respektive motor. Då endast två motorer har jämförts mot varandra har den motor som bäst uppfyllt ett kriterium fått ett ”+” och den andra ett ”-”. Därefter har en nettosumma räknats fram med hänsyn tagen till viktpoäng, se figur 3.4.

Kriterium	Vikt	Motoralternativ	
		AC - motor	Befintlig produkt
Varvtals-reglering	6	+	-
Robusthet	5	+	-
Slippa extra komponenter	4	+	-
På/av knapp	3	+	-
Vikt	2	-	+
Pris	1	-	+
Utseende	0,5	+	-
<b>Nettosumma (viktad)</b>		<b>15,5</b>	<b>-15,5</b>

Figur 3.4. Beslutsmatris



Resultatet visar att AC-motorn uppfyller kriterierna bäst därför valdes denna. Ett viktigt krav från kravspecifikationen var låg vikt på omrörningsenheten, utifrån detta valdes den lättaste motorn som samtidigt uppfyllde övriga krav.

För att lösa varvtalsreglering på denna motor används en frekvensomformare som kopplas mellan vägguttag och motor. Denna enhet fungerar som styrenhet för motorn då både varvtal samt på/av-funktion regleras från denna, **se bilaga 2**.

Infästningen av EEM-staven löstes genom att montera en snabbchuck av stål direkt på utgående axeln från motorn, **se bilaga 2**. Denna lösning ansågs smidig av både författarna och uppdragsgivare då det går snabbt att fästa stavarna samt att diametern på stavarna kan varieras mellan 0-13mm.

### 3.3 Stativlösningar

För att ta fram olika koncept för stativ så användes metoden Brainstorming. Inspirationsbilder för att lösa olika rörelser letades upp via internet och användes sedan vid skissandet av de olika koncepten, **se bilaga 3**. Målet med detta var att ta fram ett flertal olika koncept för placering av motor och att lösa stativets olika rörelser, in/ut (x-led) samt upp/ner (y-led), **se figur 2.4**. Infästning av stativet vid smältugnen gjordes med utgångspunkt från ett befintligt golvstativ som använts till den gamla utrustningen. Vridbar rörelse (z-led) löses i samtliga fall av att stativets infästning är ledad i golvstativet.

#### 3.3.1 Placering av motor

Tre olika koncept på hur motorn skulle placeras togs fram och utvärderades genom att diskutera olika för och nackdelar med respektive koncept.

---

**Koncept 1:** Motor bredvid ugn med rem/kedje – transmission

Fördelar:

Motorns placering gör att den inte utsätts för direkt värmestrålning från ugnen.

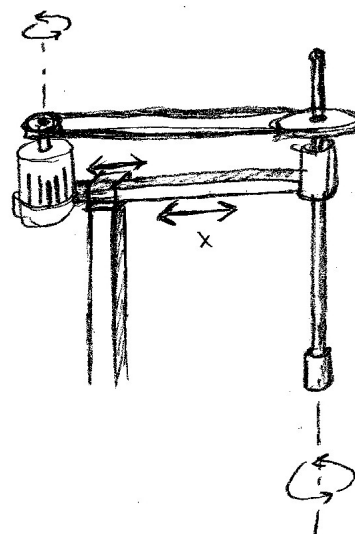
Nackdelar:

Komplicerad konstruktion till följd av transmissionen.

Hög vikt.

Transmissionen begränsar rörligheten vid användning.

Tar stor plats.



Figur 3.5. Koncept 1

**Koncept 2:** Motor bredvid ugn med växel

Fördelar:

Motorns placering gör att den inte utsätts för direkt värmestrålning från ugnen.

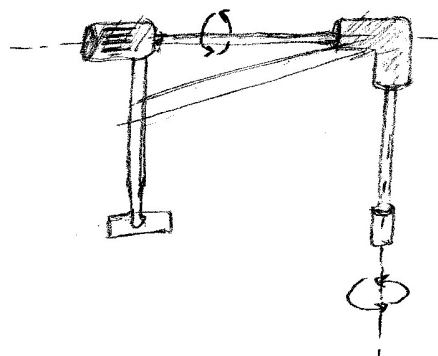
Nackdelar:

Komplicerad konstruktion till följd av transmissionen.

Hög vikt.

Transmissionen begränsar rörligheten vid användning.

Tar stor plats.



Figur 3.6. Koncept 2

---

**Koncept 3:** Motor direkt ovanför ugn

Fördelar:

Kräver ingen transmission då chucken kan fästas på utgående axel.

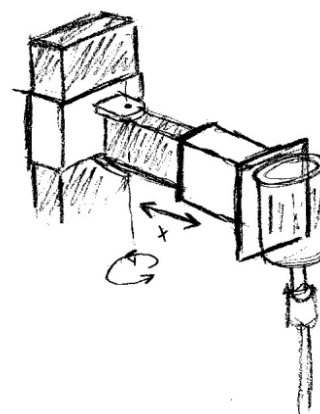
Låg vikt.

Större frihet vid utformande av stativ.

Tar liten plats.

Nackdelar:

Motorns utsätts för värmestrålning från ugnen under användning.



Figur 3.7. Koncept 3

---

### 3.3.2 Sällning, placering av motor

Viktiga krav från kravspecifikation var låg vikt samt portabel. Dessa krav uppfylldes bäst av koncept 3. Användning av transmission ansågs vara både dyrt och krångligt. Nackdelen med koncept 3 var att motorn utsätts för värmestrålning från ugnen under användning, detta ansågs dock inte vara något stort problem då användningstiden är kort och att motorn vrids undan från ugnen efter användning.

### 3.3.3 Rörelse – ut/in(x-led) ↔

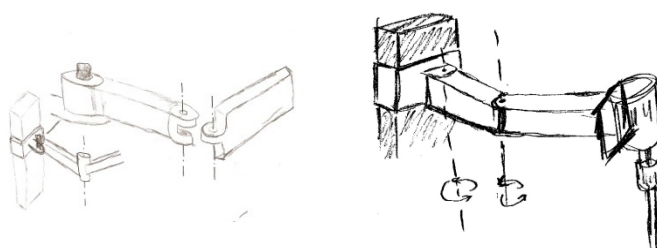
En lista med fördelar och nackdelar upprättades utifrån följande kriterier:

- Uppfyller huvudrörelse
- Uppfyller ytterligare rörelse
- Är enkel eller komplicerad
- Är känslig för krävande miljöer
- Portabel
- Robust

Varje lösning har kommenterats av författarna samt uppdragsgivaren.

#### Vikarm

- + Uppfyller huvudrörelse
- + Uppfyller rörelse för ”omrörning
- + Enkel konstruktion
- + Ej känslig för krävande miljöer
- + Portabel, går att vika ihop
- + Robust konstruktion



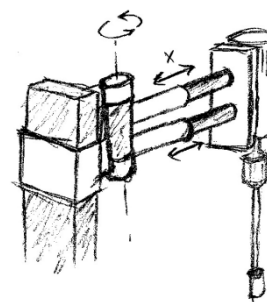
Kommentar: Bra lösning som uppfyller samtliga kriterier.

Figur 3.8. Vikarm

RheoMetals kommentar: Instämmer med ovanstående kommentarer. Däremot är det viktigt att lederna/infästningarna görs tillräckligt kraftiga och robusta för att undvika vibrationer under slurrybildning. Ev. kan man fundera på att montera något slags (justerbart) stopp i båda lederna så att man lättare hamnar i rätt läge när armen förs fram över ugnen.

#### Glidarm

- + Uppfyller huvudrörelse
- + Uppfyller rörelse för ”omrörning”
- + Enkel konstruktion
- Kan vara känslig för krävande miljöer (friktion)
- + Portabel, går att skjuta ihop
- + Robust konstruktion



Kommentar: Bra lösning, dock känsliga glidytor som eventuellt kräver smörjning.

Figur 3.9. Glidarm

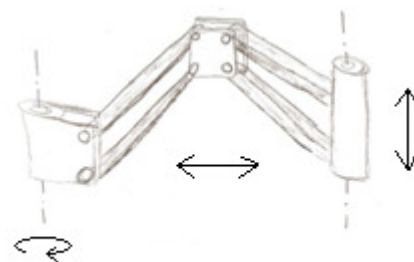
RheoMetals kommentar: Skulle kunna fungera. Bra med den inre leden, vilket gör att

man lätt kan flytta motorn fram och tillbaka något i sidled under slurrybildning, vilket ofta är önskvärt för att få en homogen slurry. Instämmer i att det största problemet kommer att vara smörjningen, vilket säkerligen kommer att krävas. Dessutom tror jag att stabiliteten kan vara ett problem.

---

### Parallellarm

- + Uppfyller huvudrörelse
- + Uppfyller rörelse för ”omrörning” samt upp/ner
- Komplicerad konstruktion
- Kan vara känslig för krävande miljöer (fjädrar/dämpare)
- Ej särskilt portabel, begränsad möjlighet att vika ihop
- + Robust konstruktion, kräver dock justering av fjädrar/dämpare



Figur 3.10. Parallellarm

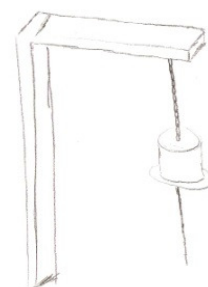
Kommentar: Löser samtliga rörelser dessutom rörelsen upp/ner, dock komplicerad och skrymmande konstruktion.

RheoMetals kommentar: Instämmer helt. Skulle dock kunna fungera.

---

### Fritt hängande

- + Uppfyller huvudrörelse
- + Uppfyller rörelse för ”omrörning”
- + Enkel konstruktion
- + Ej känslig för krävande miljöer
- + Portabel, går att vika ihop
- Ej robust på grund av ostadig upphängning av motor



Kommentar: Lösningen uppfyller kriterierna för rörelserna, dock anses den inte vara särskilt användarvänlig och säker.

Figur 3.11. Fritt hängande

RheoMetals kommentar: Instämmer. Alltför ostadig konstruktion. Kommer ej att fungera.

---

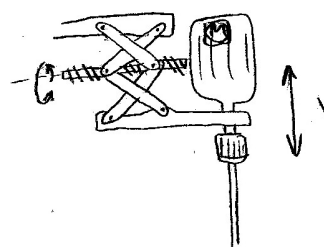
### 3.3.4 Rörelse – upp/ner(y-led) ↓

För att ta fram olika koncept för rörelse upp/ner så användes metoden Brainstorming. Resultatet av brainstormingen visualiserades i skisser. En lista med fördelar och nackdelar upprättades utifrån följande kriterier:

- Uppfyller huvudrörelse
- Är enkel eller komplicerad
- Är känslig för krävande miljöer
- Robust
- Användarvänlig

#### Saxlift

- + Uppfyller huvudrörelse
- Komplicerad konstruktion
- Kan vara känslig för krävande miljöer beroende på utförande
- Ej robust, många rörliga delar
- Ej användarvänlig



Figur 3.12. Saxlift

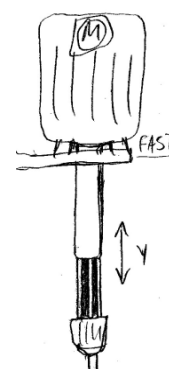
Kommentar: Konstruktionen känns inte passande för denna tillämpning, rörelsen upp/ner blir troligtvis för långsam.

RheoMetals kommentar: Instämmer. Framför allt kommer den att bli alltför instabil med den slaglängd som vi vill ha.

#### Splinesaxel

- + Uppfyller huvudrörelse
- Komplicerad konstruktion
- Känslig för krävande miljöer
- Ej robust
- + Användarvänlig

Kommentar: Lösningen är bra på så vis att endast chucken behöver flyttas upp/ner. Dock kräver konstruktionen stort utrymme samt många rörliga delar.



Figur 3.17. Splinesaxel

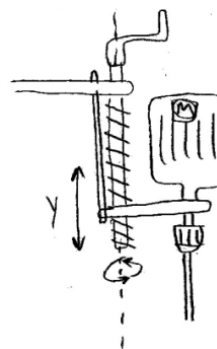
RheoMetals kommentar: Instämmer helt.

### Skruvlift

- + Uppfyller huvudrörelse
- + Enkel konstruktion
- Kan vara känslig för krävande miljöer, krävs eventuellt smörjning
- + Robust
- Ej användarvänlig

Kommentar: Konstruktionen känns inte passande för denna tillämpning, rörelsen upp/ner blir troligtvis för långsam.

RheoMetals kommentar: Instämmer.



Figur 3.13. Skruvlift

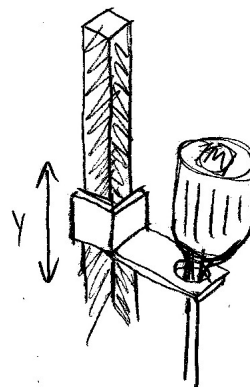
---

### Glidskena

- + Uppfyller huvudrörelse
- + Enkel konstruktion
- + Troligtvis okänslig för krävande miljöer
- + Robust
- + Användarvänlig

Kommentar: Konstruktionen uppfyller samtliga kriterier, dock krävs någon typ av fjäder alternativt spärr för fastlåsning/bromsning av motorn på skenan.

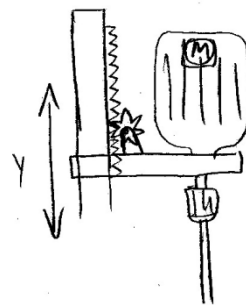
RheoMetals kommentar: Glidskena/skenstyrning känns som den enklaste och mest robusta konstruktionen.



Figur 3.14. Glidskena

### Kuggstång

- + Uppfyller huvudrörelse
- Komplicerad konstruktion
- Kan vara känslig för krävande miljöer, krävs eventuellt smörjning
- + Robust
- + Användarvänlig



Figur 3.15. Kuggstång

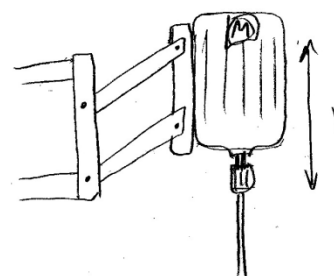
Kommentar: Stabil konstruktion (jämför pelarborr), dock höga krav på precision vid konstruktion.

RheoMetals kommentar: Skulle kunna fungera väl.

---

### Parallellarm

- + Uppfyller huvudrörelse
- + Enkel konstruktion
- + Okänslig för krävande miljöer
- + Robust
- + Användarvänlig



Figur 3.16. Parallellarm

Kommentar: Lösningen uppfyller samtliga kriterier, dock krävs någon typ av fjädring för att hålla motorn i övre läge då den ej används.

RheoMetals kommentar: Skulle kunna fungera. Dock ser jag problem med att ställa in den i rätt position då även X-läget naturligtvis beror av vilken höjd den fixeras vid. Kan vara svår att kombinera med anordning för rörelse i X-led (ex. vikarm)

### 3.3.5 Sällning av stativlösningar

Efter att ha utvärderat stativlösningarna så sammanfattades resultaten i en Go/No-Go-sällning för att få ett tydligt underlag för beslut, **se figur 3.18**.

#### Go/No-Go-matris för rörelse in/ut (x-led)

Lösning	Beslutskriterier (+) Ja, potential finns (-) Nej, potential finns ej (?) Ytterligare information krävs						Beslut (+) Fullfölj lösning (-) Eliminera lösning (?) Osäker lösning
	Löser huvudrörelse	Uppfyller ytterligare rörelse	Enkel konstruktion	Är känslig för krävande miljöer	Portabel	Robust	
Vikarm	+	+	+	+	+	+	+
Glidarm	+	+	+	?	+	+	?
Parallellarm	+	+	-	?	-	+	-
Fritt hängande	+	+	+	+	+	-	-

Figur 3.18. Go/No-Go-sällning

Efter utvärdering av Go/No-Go-matrisen framkom det att lösningen glidarm troligtvis uppfyller samtliga kriterier, dock finns det tveksamheter huruvida denna lösning fungerar i krävande miljöer. Glidarmen kräver hög precision i komponenterna och eventuellt smörjning för att undvika byråldseffekt. Vid transport kan även känsliga ytor smutsas ner vilket kan leda till kärvande mekanismer. Vikarm är den lösning som uppfyller samtliga kriterier bäst och kräver dessutom mindre komplexa och känsliga komponenter, därför valdes denna lösning för vidare utveckling.



## Go/No-Go-matris för rörelse upp/ner (y-led)

Lösning	Beslutsriterier (+) Ja, potential finns (-) Nej, potential finns ej (?) Ytterligare information krävs					Beslut (+) Fullfölj lösning (-) Eliminera lösning (?) Osäker lösning
	Löser huvudrörelse	Enkel konstruktion	Är känslig för krävande miljöer	Robust	Användarvänlig	
Saxlift	+	-	-	-	-	-
Skruvlift	+	+	-	+	-	-
Glidskena	+	+	?	+	+	?
Kuggstång	+	-	-	+	+	-
Parallellarm	+	+	+	+	+	+
Splinesaxel	+	-	-	-	+	-

Figur 3.19. Go/No-Go-sällning

Lösningen glidskena uppfyller troligtvis samtliga kriterier, dock finns det även här tveksamheter huruvida en sådan lösning fungerar i krävande miljöer. Precis som i lösningen för glidarm krävs det hög precision i komponenterna samt eventuell smörjning för att minska friktionen mellan dessa. Vid transport kan även känsliga ytor smutsas ner vilket kan leda till kärvande mekanismer. Parallellarm är den lösning som uppfyller samtliga kriterier bäst men även glidskena skulle kunna fungera.

### 3.3.6 Vidare utveckling av valda stativlösningar

För rörelse in/ut (x-led) valdes lösningen vikarm och för rörelse upp/ner (y-led) valdes lösningarna glidskena samt parallellarm. För att kunna utvärdera och kontrollera valda lösningars funktion och användarvänlighet bestämdes det att enkla funktionsmodeller, så kallade mock-ups, i trä skulle byggas. Funktionsmodeller för lösningar med glidskena byggdes också för att kunna utvärderas då det förekom oklarheter hur dessa skulle fungera i praktiken. För att få fram lämpliga mått för modellbyggena användes CAD-verktyget SolidWorks. Underlag för CAD-modellerna togs fram utifrån smältugnens mått.

### Stativ med inre glidskena

Denna lösning fungerade inte bra då det uppstod byrålådseffekt vid glidskenan, detta hade troligtvis kunnat avhjälpas med en glidskena med bra precision samt lägre friktion mellan de rörliga delarna.



Figur 3.20 Inre glidskena

### Stativ med yttre glidskena

En annan variant med glidskena byggdes i försök att minska byrålådseffekten. Denna lösning fungerade inte heller bra då det fortfarande uppstod byrålådseffekt. Även i detta fall hade problemet troligtvis kunnat avhjälpas med hög precision samt lägre friktion mellan de rörliga delarna.



Figur 3.21 Yttre glidskena

### Stativ med parallellarm

Denna lösning uppfyllde samtliga rörelser utan problem, det var även den lösning som var mest estetiskt tilltalande. En rörelse uppstår i sidled då armen rörs upp och ner, denna kompenseras dock av vikarmens leder.



Figur 3.22 Parallellarm

### 3.3.7 Slutgiltig sällning av stativlösningar

Målet var att välja en lösning som är enkel och okänslig för krävande miljöer. Lösningarna med glidskena skulle kräva ytterligare utveckling för att fungera tillfredsställande, de på förhand uppskattade problemen visade sig stämma vid tester av prototyperna. Lösningarna med glidskena ger dock inte en helt rättvis bedömning då trämodeller inte är optimalt för utvärdering. Författarna valde i samråd med handledaren att gå vidare med lösningen vikarm för rörelse in/ut (x-led) samt lösningen parallellarm för rörelse upp/ner (y-led). Dessa lösningar kändes mest tillförlitliga vid testningen av prototyperna och även som de enklaste och billigaste alternativen. För att finna lämpliga mått på vikarm och parallellarm testades ett flertal olika avstånd mellan lederna på stativet.

### 3.4 Skyddslock

Ett krav från uppdragsgivaren var ett skyddslock avsett för att skydda smältan från syre vid tester av magnesium. Locket placeras direkt ovanpå smältdegeln och ska vara utformat så att skyddsgas kan anslutas samt att EEM-staven enkelt ska kunna tillföras smältan. Då skyddsgasen är tyngre än luften tenderar gasen att lägga sig direkt ovanpå smältan under locket. Detta innebär att inga stora krav ställs på att locket sluter helt tätt vilket underlättar konstruktionen.

### 3.5 Värmeskydd

För att skydda känsliga komponenter och händer från värmestrålning vid användning av omrörningsenheten diskuterades i ett tidigt skede att utforma någon typ av värmeskydd där behov fanns. Då det var osäkert huruvida ett värmeskydd var nödvändigt eller inte valde författarna att avvakta med denna detalj tills omrörningsenheten kunde testas vid ugnen. Handtaget utformades på ett sådant sätt att det skulle vara enkelt att eftermontera ett värmeskydd.

### 3.6 Konstruktion

Efter att lösningar till de fyra huvudfunktionerna från WBS:en, **se figur 3.1**, tagits fram påbörjades konstruktionsarbetet. För att på ett smidigt sätt kunna testa och utvärdera olika designförslag användes CAD-verktyget SolidWorks. För att kunna kontrollera olika mått på stativkonstruktionen upprättades först en enkel sammanställning av de olika komponenterna med utgångspunkt från prototypen.

#### 3.6.1 Konstruktion av parallellarm

Målet med parallellarm är att motorn ska befinna sig i övre läge då omrörningsenheten ej används. För att lösa detta krävs någon form av kraft för att hålla motorn uppe. Detta problem löses enkelt med en fjäder eller gasdämpare som påverkar armen uppåt. För att finna olika fjädrar som uppfyller kraven användes en katalog[6]. Användning av gasfjädrar valdes tidigt bort då dessa ej

ansågs vara lämpliga att användas ovanför en smältugn. Maximal rekommenderad arbetstemperatur för gasdämpare var enligt katalogen +80 grader C.

Utförningen av parallellarmen påverkas huvudsakligen av vilken fjädertyp som används. Då bygget av omrörningsenheten utfördes på Jönköpings Tekniska Högskola togs även hänsyn till vad för material som fanns på lager. Utifrån den enkla sammanställningen kontrollerades olika mått som fjädern var tvungen att uppfylla, med hjälp av dessa kunde beräkningar, **se bilaga 4**, utföras för att finna en lämplig fjäder. Fjädertypen som valdes var en så kallad vridfjäder. Då fjädern är en standardkomponent konstruerades armen och dess infästning efter fjäderns mått.

För att konstruktionen skulle bli robust och lättroblig sattes bussningar i armarnas inre leder. För att hitta lämpliga bussningar användes en webbkatalog[7]. Då längden på bussningen var det mest kritiska måttet blev detta utgångspunkt för dimensionering av bussningen. Beräkningar, **se bilaga 4**, gjordes också för att säkerställa att bussningarna skulle uppfylla kraven för hållfasthet.

I den övre leden närmast motorn valdes 10mm bultar för att få en robust konstruktion samt en stor anliggningsyta mellan gods och bult. Användning av bussningar i dessa leder ansågs ej vara nödvändigt då det ej förekommer några stora krafter här.

### 3.6.2 Konstruktion av vikarm

För att få en stadig konstruktion i lederna på vikarmen användes även här bussningar. Lämpliga bussningar letades upp med hjälp av en webbkatalog[7]. För att göra lederna ännu stadigare svetsades genomgående rör fast i fyrkantsprofilen.

För att erhålla en stadig yttre led valdes en M10 bult som genomgående axel, detta medförde att samma bussningar som användes i parallellarmen kunde användas även här. Beräkningar, **se bilaga 4**, gjordes för att säkerställa att bussningarna skulle uppfylla kraven för hållfasthet.

Då rörelsefriheten i den yttre leden var viktig användes en led där profilerna ligger ovanpå varandra, **se figur 4.6**.

### 3.6.3 Konstruktion av stativinfästning

Stativinfästningen konstruerades med utgångspunkt av en fyrkantsprofil med innermått 80x50mm, detta på grund av att profilen ska passa utanpå golvstativets yttermått. Stativinfästningen ska vara justerbar i höjddled och låses fast på golvstativet med hjälp av ett skruvhandtag, **se bilaga 2**.

Infästning av vikarmen utformades som en gaffel då denna led är den som belastas mest. Gaffelns öron placerades på hörnet av fyrkantsprofilen för att

vikarmen ska kunna vridas undan från ugnen. Vid den inre leden blev längden på bussningen det mest kritiska måttet. Glidbrickor placerades mellan gaffel och vikarm för att få minska friktionen mellan dessa.

På stativinfästningen monterades även frekvensomformaren. Denna placerades på ett sådant sätt att den utsätts för så låg värmestrålning från ugnen som möjligt. Frekvensomformaren ska efter önskemål från uppdragsgivaren vara löstagbar för att lättare kunna användas vid olika sorters smältugnar.

#### **3.6.4 Konstruktion av skyddslock**

Ett befintligt skyddslock användes som utgångspunkt för det nya locket. Det befintliga locket gjordes om genom att göra ett större hål i mitten så att EEM staven med god marginal skulle kunna föras igenom. Ett handtag utformades för att enkelt kunna lyfta av och på locket på smältdegeln. En befintlig anslutning för skyddsgas fanns redan på locket, **se figur 4.5**.

## 4 Resultat

Nedan följer resultat från sällningsmetoder och uträkningar samt vilka komponenter som valts.

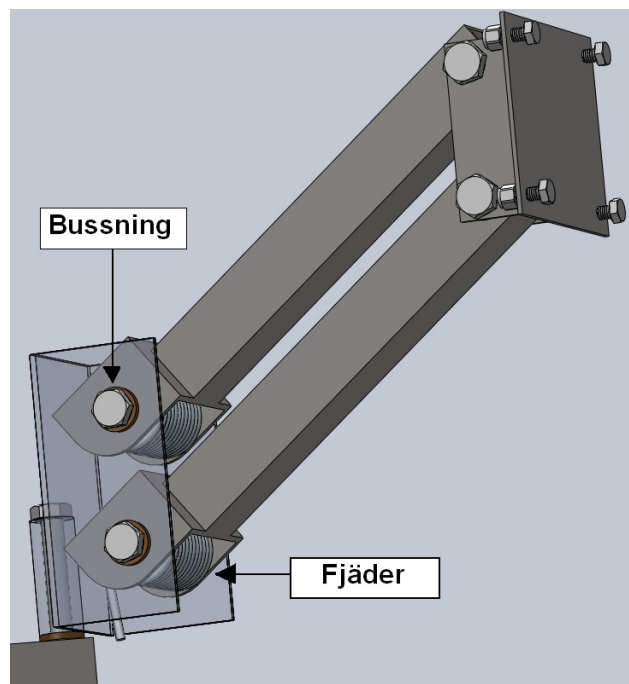
### 4.1 Motor

Motorn som valdes har en effekt på 60W och en vikt på 3,0kg, **se bilaga 2**. Denna motor valdes på grund av att den hade lägst vikt bland de motorer som fanns hos leverantören. Effekten ansågs tillräcklig då det inte krävs någon stor kraft för att rotera EEM-staven i smältan. För att reglera varvtalet på motorn används en frekvensomformare som monterades på ett sätt som gör den enkel att ta loss från stativinfästningen.

### 4.2 Parallellarm

Parallellarmen utformades enligt **figur 4.1**. Utgångsmaterial till armarna blev fyrkantsprofil med dimensionen 30x30x2mm då detta material redan fanns på lager. Denna profil var kraftigt överdimensionerad för att motstå krafterna som kan uppstå i konstruktionen men gav å andra sidan ett robust intryck. Armarnas bakre del anpassades efter måtten på valda fjädrar. Fjädrarna är av typen torsionsfjädrar, **se bilaga 2**.

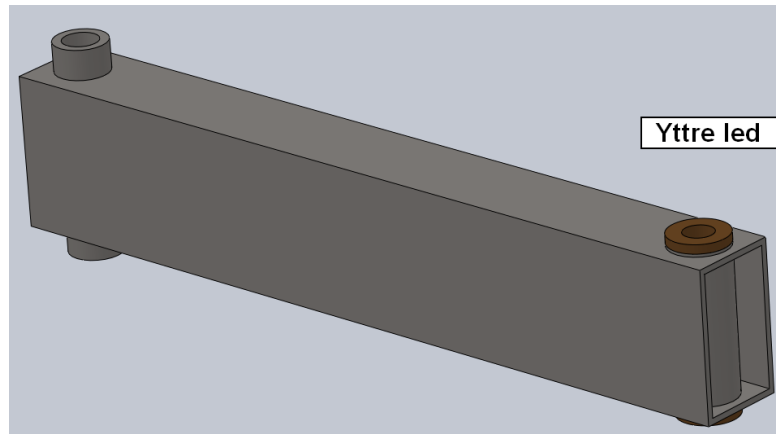
För att erhålla tillräcklig längd på bussningarna i bakre delen fick en bronsbussning med en inre diameter på 10mm väljas, **se bilaga 2**. Till följd av detta fick också bultar med diametern 10mm användas.



Figur 4.1 Parallellarm

### 4.3 Vikarm

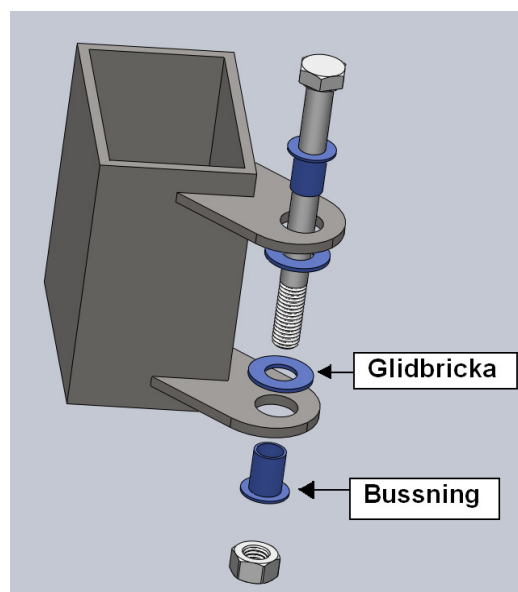
Vikarmen utformades enligt **figur 4.2**. Utgångsmaterial för vikarmen valdes till fyrkantsprofil med dimensionen 50x30x2mm, detta för att få en stadig konstruktion och dessutom ge ett intryck av robusthet. Rören dimensionerades så att valda bussningar skulle passa i dessa. I den yttre leden valdes samma bussningar som i parallellarmen, se **bilaga 2**.



Figur 4.2 Vikarm

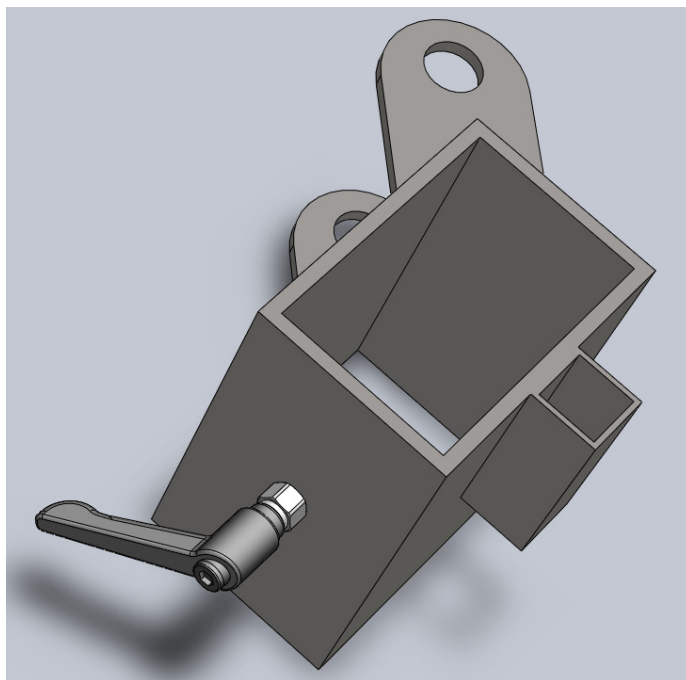
### 4.4 Stativfästning

Stativfästningen utformades enligt **figur 4.3**. Godstjockleken på öronen valdes till 4mm för att konstruktionen skulle bli stadig. Avståndet mellan öronen anpassades efter det fastsvetsade röret i vikarmen samt glidbrickorna. För att erhålla en tillräcklig längd på bussningen valdes en bussning av typen kompositbussning. Denna bussning hade en inre diameter på 10mm, därför fick en M10 bult användas som axel även här. Glidbrickor av komposit valdes för att minska friktionen mellan vikarm och öron, hålen anpassades efter ytterdiametern på bussningen. Se **bilaga 2**.



Figur 4.3 Stativfästning

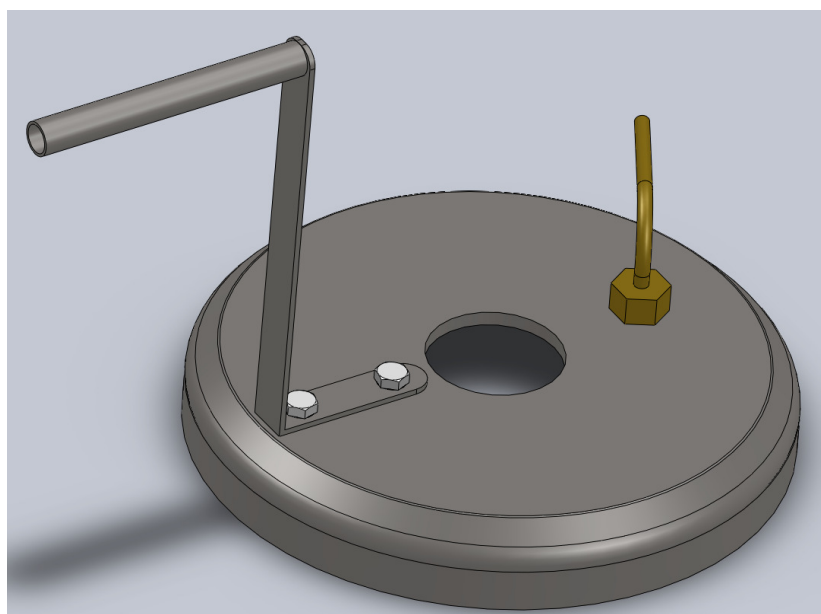
För att kunna lösgöra frekvensomformaren utformades ett fäste bestående av en fyrkantsprofil, se figur 4.4.



*Figur 4.4 Stativinfästning, baksida*

## 4.5 Skyddslock

Skyddslocket, se figur 4.5, utformades utefter ett befintligt lock. Ändringarna som gjordes på detta var att göra ett hål med diameter 46mm i mitten av locket. Handtaget fästes på locket med skruv för att möjliggöra ändringar av locket utifall olika EEM-stavar ska användas.



*Figur 4.5 Skyddslock*

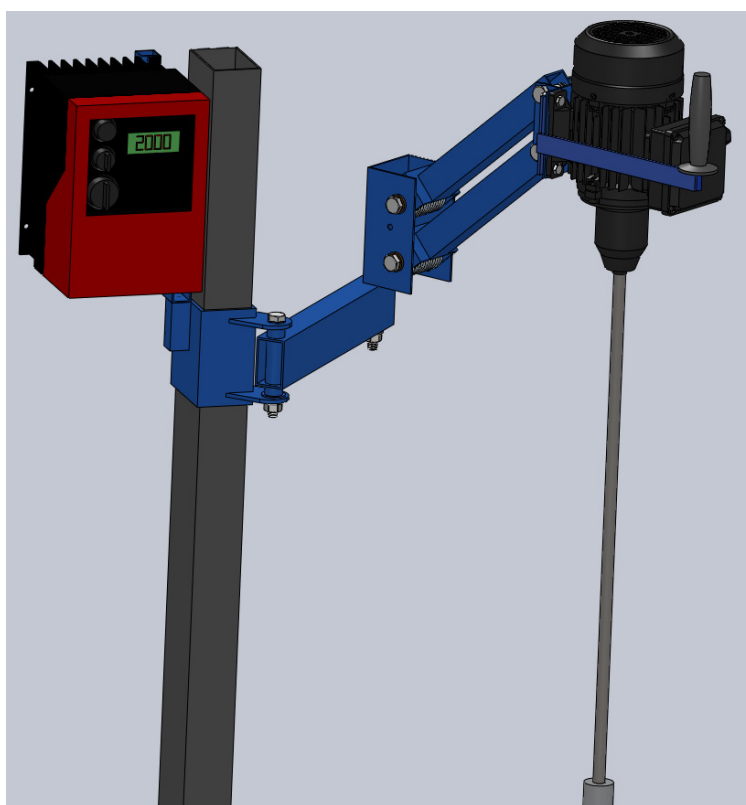


## 4.6 Tillverkning

Innan tillverkningen påbörjades gjordes en sammanställning av samtliga komponenter i CAD-verktyget SolidWorks för att kontrollera omrörningsenhetens funktion samt att alla delar passade ihop, **se figur 4.6**. Tillverkningen utfördes av författarna i verkstaden på Jönköping Tekniska Högskola. Profiler bockades till av plåt i de fall det inte fanns några passande på lager. Delarna tillverkades utifrån ritningar, **se bilaga 5**, framtagna i CAD-verktyget SolidWorks. För att smidigt kunna stänga av och på motorn vid användning placerades en tryckströmbrytare på toppen av handtaget.

För att skydda frekvensomformaren från värmestrålning tillverkade författarna ett enkelt värmeskydd som monterades under denna.

Bilder på den färdiga enheten visas i **figur 4.7** samt **figur 4.8**.



*Figur 4.6 Sammanställning*



*Figur 4.7 Färdig omrörningsenhet*



*Figur 4.8 Närbild, färdig omrörningsenhet*

## **5 Diskussion och slutsatser**

I detta kapitel diskuteras de metoder som använts under projektet samt resultat och slutsatser.

### **5.1 Metoddiskussion**

Det första som gjordes var en funktionsnedbrytning. På detta vis blev det mer överskådligt att se vilka problem som skulle lösas. Funktionsnedbrytningen har följts genom hela konceptframtagningsprocessen och författarna anser att detta har fungerat mycket bra.

För idégenerering användes metoden brainstorming. Med denna metod var det lätt att låsa sig vid ett koncept som kändes bra, detta avhjälpes genom att via internet leta upp inspirationsbilder med olika lösningar, på så sätt blev det lättare att tänka i nya banor.

Vid sällning av motorerna användes i första steget en enkel plus/minus-matris. Detta ansåg författarna vara fullt tillräckligt då vissa motorer inte uppfyllde väsentliga kriterier. De motorer som återstod försökte sedan att sällas med hjälp av Pugh's urvalsmetod. Detta fungerade dock inte som författarna tänkt sig då det var svårt att använda sig av något lämpligt referensobjekt. Istället jämfördes och viktades motorerna direkt mot varandra vilket gav lite märkliga siffror i resultatet. Eventuellt hade någon bättre metod kunnat användas vid sällningen men författarna anser att det troligtvis hade resulterat i samma val av motor.

Stativlösningarna sällades med plus/minus utifrån hur väl de uppfyllde ett antal, enligt författarna, viktiga kriterier. Detta sammanfattades sedan i go/no go-matriser. Utifrån dessa matriser valdes vilka koncept som skulle vidareutvecklas. Denna metod fungerade bra, dock har lösningarna bedömts utefter författarnas egna erfarenheter och magkänsla. Då det fanns en osäkerhet kring vilken lösning som fungerade bäst beslutades det att göra vidare utvärderingar genom att bygga funktionsmodeller. Detta underlättade sällningen då det var enkelt att prova sig fram till vilken lösning som uppfyllde kriterierna på bästa sätt.

## 5.2 Resultatdiskussion

Syftet med examensarbetet var att lära sig tillvägagångssätt samt utnyttja befintlig kunskap för att vidareutveckla samt förbättra en befintlig prototyp. Författarna har haft nytta av de kunskaper de lärt sig under utbildningen för att genomföra examensarbetet. Projektet har även gett en större inblick i hur omfattande utvecklingsarbete kan vara även när det gäller en relativt okomplicerad produkt. Utvecklingsarbetet har begränsats av att författarna valde att bygga omrörningsenheten själva vilket var tidskrävande. Detta innebar att mindre tid kunde läggas på utveckling där ytterligare optimering kunde ha gjorts. Val av material har gjorts med hänsyn tagen till vilka tillgängliga resurser skolans verkstad kunde tillhandahålla. Sökande efter lämpliga standardkomponenter har tagit betydligt mer tid i anspråk än vad som tidigare uppskattats. En nyttig erfarenhet är att ett telefonsamtal kan ge betydligt mer information än flertalet timmar av sökande via internet.

Den färdigställda omrörningsenheten visade sig fungera bra överlag. Fjädrarna för att hålla parallellarmen visade sig stämma överrens med uträkningarna, dock uppstod inte riktigt den återfjädrande kraft som önskades. Istället för att återgå till övre läge så stannar armen kvar i den position där den släpps, detta anses dock inte som något stort problem vid användning. Anledningen till detta var troligtvis att förspänningsvinkeln vid montering av fjädrarna inte stämde riktigt överrens med beräknade värden.

Frekvensomformaren är en komponent författarna inte är riktigt nöjda med, den känns onödigt komplicerad och otymplig. Frekvensomformarens tänkta funktion var att på ett smidigt sätt kunna reglera och visa varvtalet på motorn, för detta ändamål borde det finnas en smidigare och mindre komplicerad lösning. Författarna lyckades dock aldrig hitta någon alternativ lösning till detta och valde därför att använda denna frekvensomformare då den trots allt uppfyller önskade funktioner.

En detalj som ytterligare skulle kunna förbättras är kabeldragningen mellan motor och frekvensomformare. Kabelns rörelser vid lederna var svår att förutspå och författarna hade varken resurser eller kunskap för att simulera detta med hjälp av dator. Vid tillverkningen visade det sig att kabeln rör sig för mycket för att kunna dras inuti profilerna på ett lämpligt sätt, därför valde författarna att fästa kabeln på utsidan av stativet. Denna lösning fungerar men en förbättring kunde vara att dra kabeln inuti en flexslang direkt mellan motor och frekvensomformare, **se bilaga 3 bild K**.

Värmeskydd under handtaget ansågs vara överflödigt då skyddshandskar används vid användning av omrörningsenheten, samt att proceduren endast tar cirka 15-20 sekunder.

## 5.3 Slutsatser

Sammanfattningsvis är författarna nöjda med det genomförda arbetet och resultatet. Metoderna har fungerat bra och målet med examensarbetet har

uppnåtts. Det har varit lärorikt att tillverka delar efter egna ritningar men då det inte har rört sig om några höga krav på toleranser så har tillverkningen varit relativt enkel.

Efter att provkörning av omrörningsenheten har skett kan författarna konstatera att enheten fungerade som det var tänkt. Enheten är enkel att manövrera och den är även portabel. Jämfört med den gamla omrörningsenheten känns den nya betydligt smidigare och säkrare att använda.

**Uppdragsgivaren Magnus Wesséns slutkommentarer:**

Studenterna har arbetat mycket självständigt och kommit med goda idéer under arbetets gång. Det slutligt valda konceptet uppfyller väl de ställda kraven på enkelhet, robusthet samt flexibilitet. De har även varit lyhörda för de synpunkter jag haft, och utifrån dessa gjort lämpliga ändringar och tillägg. Utrustningen har fungerat väl vid de initiala tester som gjorts i labbskala.

## 6 Referenser

- [1] RheoMetal AB:s hemsida  
<http://www.rheometal.com/company.php> (Acc. 2010-02-08)
- [2] Figur 2.2 Slurrymaskin  
<http://www.rheometal.com/rapidp5.php> (Acc. 2010-02-08)
- [3] Cederfeldt, Mikael (2008) *Undervisningsmaterial, Produktutveckling med industriell design.*
- [4] Nationalencyklopedin  
<http://www.ne.se/brainstorming> (Acc. 2010-02-10)
- [5] G. Ullman, David (2003) *The Mechanical Design Process*, Upplaga 3. McGraw-Hill, New York, ISBN 0-07-237338-5
- [6] Lesjöfors, Stockholms fjäder AB (2000) *The spring catalogue #11*
- [7] Webkatalog, Bussningar, Sverull AB  
<http://www.sverull.se/1/1.0.1.0/98/Bussningar.pdf>  
(Acc. 2010-04-05)

## 7 Sökord

<b>A</b>		Mock-up.....	11
Abstract .....	1	Motoralternativ.....	12
Avgränsningar.....	10		
<b>B</b>		<b>N</b>	
Bakgrund .....	7	Nyckelord.....	2
Beräkningar .....	41		
Bilagor.....	37	<b>P</b>	
Brainstorming .....	10	Placering av motor.....	15
<b>D</b>		<b>R</b>	
Diskussion och slutsatser .....	32	Referenser .....	35
Disposition.....	10	Resultat.....	28
<b>F</b>		Resultatdiskussion.....	33
Förord.....	3	Ritningar.....	50
<b>G</b>		Rörelse – upp/ner(y-led) .....	19
Genomförande .....	12	Rörelse – ut/in(x-led).....	17
Go/No-Go-matris rörelse in/ut....	22	<b>S</b>	
Go/No-Go-matris		Sällning av stativlösningar.....	22
rörelse upp/ner.....	23	Sällning, placering av motor .....	16
Go/No-Go-sällning.....	10	Sammanfattning .....	2
Grov sällning av motorer .....	13	Skyddslock .....	25
<b>I</b>		Slutgiltig sällning av motorer.....	13
Inledning.....	6	Slutgiltig sällning av stativlösningar	25
Innehållsförteckning .....	4	Slutsatser .....	34
Inspirationsbilder för stativ.....	39	Stativlösningar .....	15
<b>K</b>		Syfte och mål .....	9
Komponentlista.....	45	<b>T</b>	
Konstruktion.....	25	Tillverkning.....	31
Konstruktion av parallellarm .....	25	<b>V</b>	
Konstruktion av skyddslock .....	27	Värmeskydd .....	25
Konstruktion av stativinfästning....	26	Vidare utveckling av valda	
Kravspecifikation .....	38	stativlösningar.....	23
<b>M</b>		<b>W</b>	
Metoddiskussion.....	32	WBS – funktionsnedbrytning.....	12
		Work Breakdown Structure.....	10

## **8 Bilagor**

Bilaga 1	Kravspecifikation
Bilaga 2	Komponentlista
Bilaga 3	Inspirationsbilder för stativ
Bilaga 4	Beräkningar
Bilaga 5	Ritningar



## 8.1 Kravspecifikation

### Kravspecifikation – Omrörningsenhet

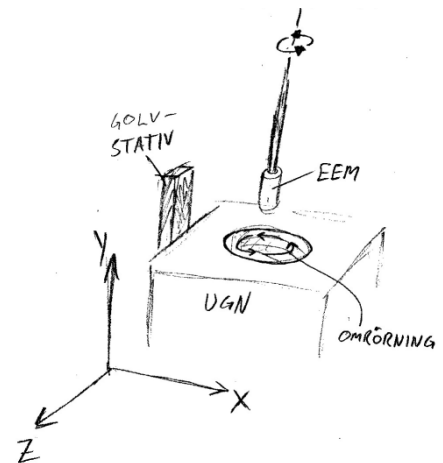
#### Inledning

Den färdiga produkten ska vara smidig att ta med sig ut till kunder, därför är det viktigt att den är kompakt och att vikten är låg samt att den ska kunna användas oberoende av storlek på smältugn.

Robustheten är också viktig då produkten ska kunna monteras, demonteras och transporteras efter varje användning.

Arbetsmiljöerna där produkten kommer användas är krävande då det råder höga temperaturer samt att luftföroreningar förekommer.

Produkten ska vara smidig att manövrera. Rörelse upp och ned är ett krav, önskvärt är även rörelse i sidled så att en "omrörande" rörelse kan erhållas (**se figur**). Utrustningen är även tänkt att användas vid tester med magnesium, detta kräver ett lock för skyddsgas för att hindra oxidering av smältan. Enheten ska även kunna användas vid tester med mässing där smältans temperatur ligger omkring +1000 °C. Infästning av det fasta materialet, EEM, ska kunna ske på ett okomplicerat sätt och byte mellan två olika EEM-stavar ska inte ta längre tid än 1 minut.



#### Omrörningsenhetens krav

- Steglöst justerbart varvtal (200-2000 rpm), alt steg om 50 rpm
- Robust
- Värmetålig (smältans temperatur i ugnen ca 1000 °C, för mässing)
- Låg vikt (helst ej överskrida 10 kg)
- Mjukstart (för att undvika stänk vid start av motor)
- Smidigt justerbar i x, y och z-led.
  - EEM-staven ska vara justerbar upp till 500 mm i x-led från smältugnens kant.
  - EEM-staven ska vara justerbar minst 240 mm i y-led, dessutom ska hela enheten vara justerbar i y-led för att passa olika storlekar på smältugnar.
  - Önskvärt är även rörelsefrihet i z-led så att en omrörande rörelse kan erhållas.
- Standardkomponenter (önskvärt är att använda standardkomponenter i så hög grad som möjligt)
- Portabel (enheten ska vara smidig och enkel att flytta mellan olika platser)
- Lock för skyddsgas (Degeln ska kunna täckas med ett lock för skyddsgas)

## 8.2 Komponentlista

**Motor:** Inköpt på Indoma AB, Jönköping



**Helkapslade kortslutna trefasmotorer  
BUSCK**



4 poler 1500 r/m IP 55  
380-420 V, 50 Hz

Typ	Effekt kW	Varv- tal rpm	Pris Kr			Ström 400 V A	Cos j	h %	M Nm	Ist/I	Mst/M	J kgm <sup>2</sup>	Vikt B3 kg
			B3 fot	B5, B14 fläns	B3/B14 B3/B5 fot/fläns								
MS56A-4	0.06	1320	640	670	680	0.30	0.59	49	0.42	6	2.3	0.00017	3.0

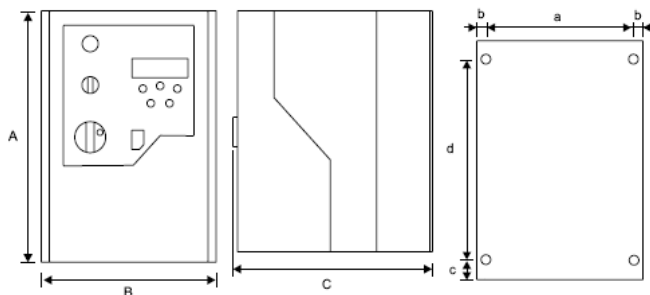
**Frekvensomformare:** Inköpt på SEW Eurodrive AB, Jönköping

Artikel nr 8297525

MOVITRAC MCLTE B0004 2B1-1-20



4.9.2 Dimensions of the IP55 / NEMA 12 housing (LTE xxx -10 and -20)



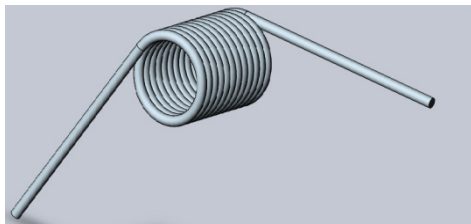
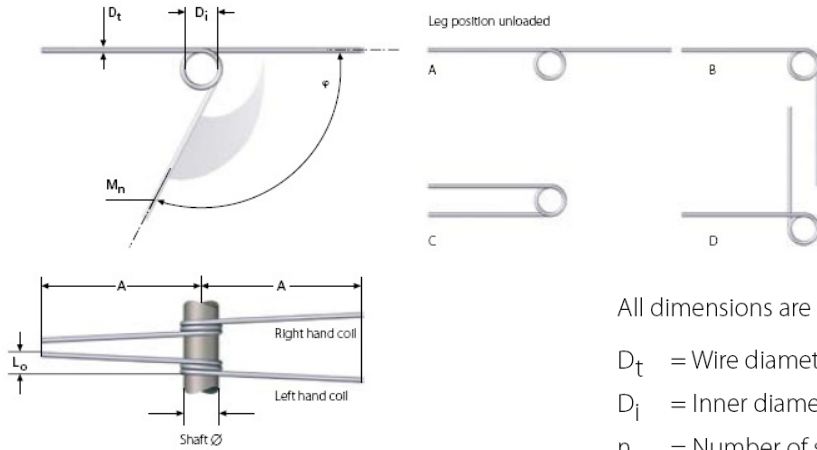
Dimension		Size 1
Height (A)	[mm]	200
	[in]	7.9
Width (B)	[mm]	140
	[in]	5.5
Depth (C)	[mm]	165
	[in]	6.5
Weight	[kg]	2.3
	[lb]	5.1
a	[mm]	128
	[in]	5
b	[mm]	6
	[in]	0.23
c	[mm]	25
	[in]	0.98
d	[mm]	142
	[in]	5.6

**Fjädrar:** Inköpta på Lesjöfors AB.

**Artikel nr.**

1st SF-VFR-RH-8381

1st SF-VFR-LH-8491



All dimensions are in mm

$D_t$  = Wire diameter

$D_i$  = Inner diameter

$n_v$  = Number of sprung coils

A = Leg length

$L_o$  = Length

$M_n$  = Maximum permitted torque Nmm

$\varphi$  = Torque angle at  $M_n$

c = Rate, Nmm per degree

Material: Stainless steel EN 10270-3-1.4310

1 kp = 9.80665 Newtons, 1 Newton = 0.10197 kp

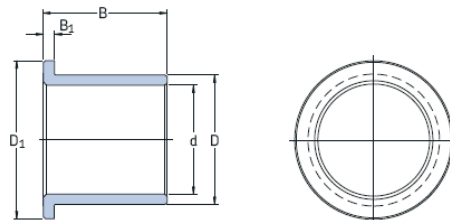
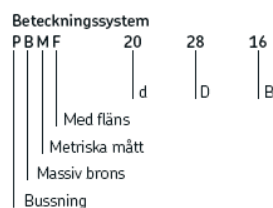
$D_t$	$D_i$	Shaft $\varnothing$	$n_v$	Leg pos.	A	$L_o$	$M_n$	$\varphi$	c	Right Cat.no	Left Cat. no.
4	28	25	12	A	90	52	6710	184	36,5	8381	8491

**Bussningar:** Inköpta på Sverull AB, Jönköping

**Artikel nr. (SKF)**

6st PBMF101610M1

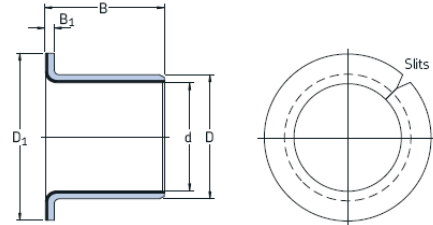
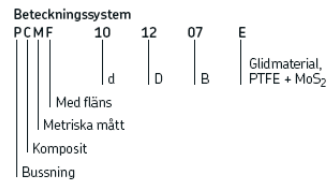
SKF massiva bronsbussningar – med fläns  
d 5 – 250 mm



Beteckning <sup>1)</sup>	d	D	B	$D_1$	$B_1$
	mm	mm	mm	mm	mm
PBMF 101610 M1	10	16	10	20	3

**Artikel nr. (SKF)**  
2st PCMF101217E

SKF PTFE-kompositbussningar – med fläns  
d 6 – 35 mm

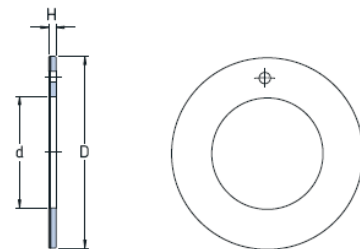
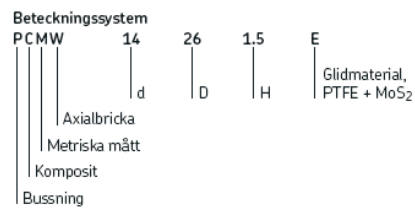


Beteckning	d	D	B	D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
	mm	mm	mm	mm	mm
PCMF 101217 E	10	12	17	18	1

**Glidbricka:** Inköpta på Sverull AB, Jönköping

**Artikel nr. (SKF)**  
2st PCMW122401.5E

SKF PTFE-komposit – axialbrickor  
d 10 – 52 mm

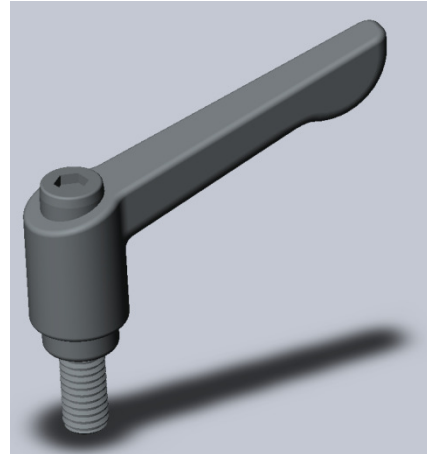


Beteckning	d	D	H
	mm	mm	mm
PCMW 122401.5 E	12	24	1,5

**Chuck:** Inköpt på JULA, Jönköping  
 Snabbchuck av stål  
 Nyckellös, trebackig chuck. 1/2"x20. Spännvidd: 1-13 mm.  
 Artikel.nr: 250313



**Skruvhandtag:** Skruvhandtag fanns på lagret i verkstaden.

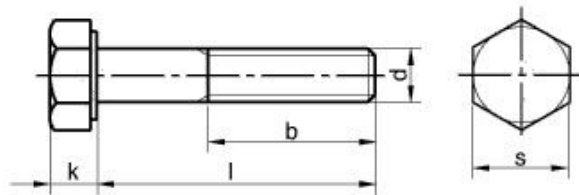


**Bultar:** Bultar med standardlängder letades upp i webbkatalog. På ställen där bultlängden inte passade beställdes längre bultar och kapades av.

**Sexkantskruv M6S 8.8 FZB M10 - M14**



Sexkantskruv  
 Sexkantskruv Stål, 8.8, DIN 931/933, ISO 4014/4017, FZB



Antal	Benämning	l	b	S
2	Hex screw steel M6S 8.8 FZB M10X65	65	26	16
2	Hex screw steel M6S 8.8 FZB M10X100	100	26	16
1	Hex screw steel M6S 8.8 FZB M10X110	110	26	16
1	Hex screw steel M6S 8.8 FZB M10X150	150	32	16

**Stålprofiler:** Följande profiler beställdes

Rektangulär stålprofil till vikarm.  
yttermått 50X30 mm  
godstjocklek 2mm

Rektangulär stålprofil till infästning golvstativ.  
innermått 80X50 mm, yttermått enligt standard

Övriga profiler samt plåt fanns på lager. U-profilerna bockades i verkstaden.

### 8.3 Inspirationsbilder för stativ



[A]



[B]



[C]



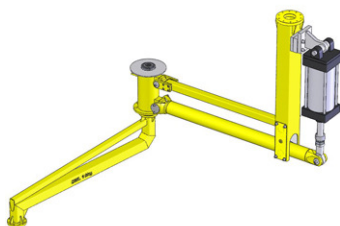
[D]



[E]



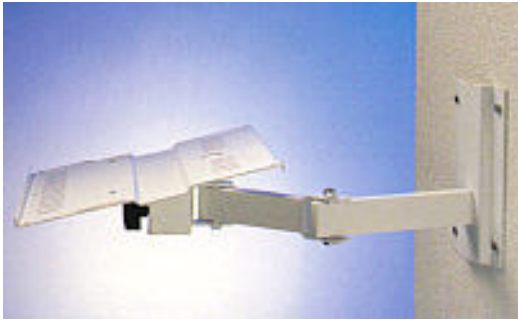
[F]



[G]



[H]



[I]



[J]



[K]

[A] [http://www.craftmarketer.com/images/dewalt\\_dw708\\_miter\\_saw.jpg](http://www.craftmarketer.com/images/dewalt_dw708_miter_saw.jpg)

[B] <http://deltaregis.com/images/ERGO-25%20lrg.jpg>

[C] [http://img.alibaba.com/photo/201554573/dental\\_equipment.jpg](http://img.alibaba.com/photo/201554573/dental_equipment.jpg)

[D] <http://www.office-nordic.se/uploaded/files/1025833.jpg>

[E] <http://product-image.tradeindia.com/00253283/b/1/Low-speed-moveable-stirrer.jpg>

[F] <http://www.pemed.com/dental/moreadecoperf76.jpg>

[G] <http://www.andronhandling.com/assets/parallel-arm.jpg>

[H] <http://www.ergodirect.com/images/Workrite/Monitor-Arms/Poise-Monitor-Arm-PA1000-Parallelogram-Design.jpg>

[I] <http://www.esiteteline.fi/stativ/sk25.jpg>

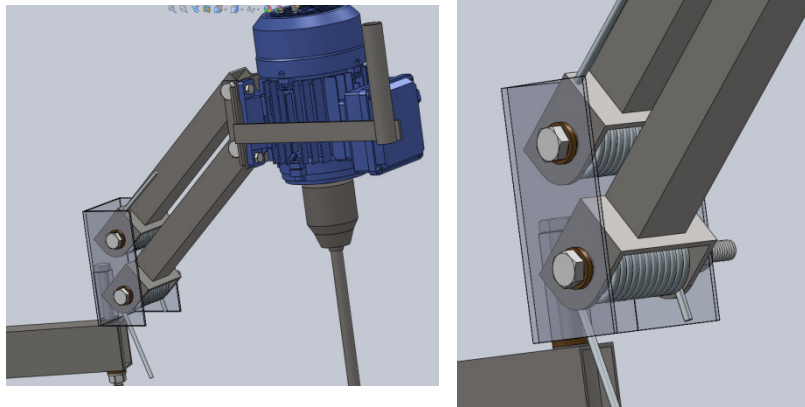
[J] [http://www.russianoptics.com/ARM5\\_1.jpg](http://www.russianoptics.com/ARM5_1.jpg)

[K] <http://www.verktygsdepan.com/bilder/gaengarmar.png>



## 8.4 Beräkningar

### 8.4.1 Beräkningar fjädrar:



Uppgifter från CAD-modell:

Nödvändig vridvinkel:  $120^\circ$

Massa,  $m$  : 5,3 kg

Hävarm,  $l$  (från vridningspunkt  $\rightarrow$  tyngdpunkt) : 0,31 m

Uppgifter från katalog[5] (Art.nr. 8381):

Maximal vridvinkel,  $\varphi$ :  $184^\circ$

Fjäderkonstant,  $c$  :  $36,5 * 10^{-3}$  Nm/grad

Maximalt vridmoment,  $M_n$ : 6,7 Nm

Vridmoment som fjädern ska ta upp:

$$M = m * g * l = 5,3 * 9,82 * 0,31 \approx 16,1 \text{ Nm}$$

Antal fjädrar: 2st  $\rightarrow \frac{16,1}{2} = 8,05 \text{ Nm}$  per fjäder

Förspänning:  $184^\circ - 120^\circ = 64^\circ$

Förspänningsmoment :  $64^\circ * c = 64^\circ * 36,5 * 10^{-3} \text{ Nm/grad} = 2,34 \text{ Nm}$

Totalt vridmoment för fjäder = Maximalt vridmoment + förspänningsmoment  
 $6,7 \text{ Nm} + 2,34 \text{ Nm} = 9,04 \text{ Nm}$

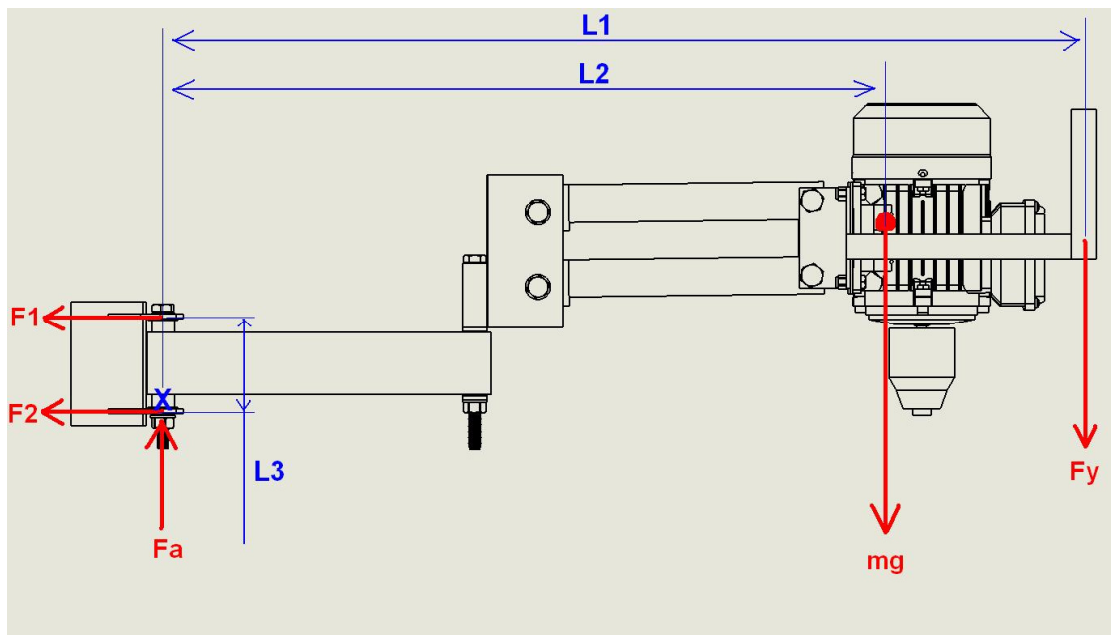
$$9,04 \text{ Nm} > 8,05 \text{ Nm} \rightarrow \text{OK!}$$

Vridmoment för att vrida ner motorn:  $9,04 \text{ Nm} - 8,05 \text{ Nm} = 0,99 \text{ Nm}$  per fjäder

$$\text{Totalt } 0,99 \text{ Nm} * 2 \approx 2 \text{ Nm}$$

Kraft för att pressa ner handtag:  $(2 \text{ Nm/ avstånd från fjäder till handtag}) + (\text{nödvändig vridvinkel} * c) = (2 \text{ Nm}/0,44 \text{ m}) + (120^\circ * 36,5 * 10^{-3}) \approx 10 \text{ N}$

### 8.4.2 Beräkningar krafter inre led vikarm



$$L1 = 0,73 \text{ m}$$

$$L2 = 0,5 \text{ m}$$

$$L3 = 0,08 \text{ m}$$

$$m * g = 6 \text{ kg} * 9,82 \text{ m/s}^2 = 59 \text{ N}$$

$$Fy = 10 \text{ N (Från beräkning av fjädrar)}$$

$$\uparrow: Fa - m * g - Fy = 0$$

$$\rightarrow: -F1 - F2 = 0$$



$$Mx: Fy * L1 + mg * L2 - F1 * L3 = 0 \rightarrow F1 = \frac{Fy * L1 + mg * L2}{L3} = 460 \text{ N}$$

#### Beräkningar bussningar ( SKF Art.Nr.PCMF101217E)

$$\text{Hållkanttryck: } \sigma = \frac{F}{s * d}$$

$$F = \text{kraft (N)} = 460$$

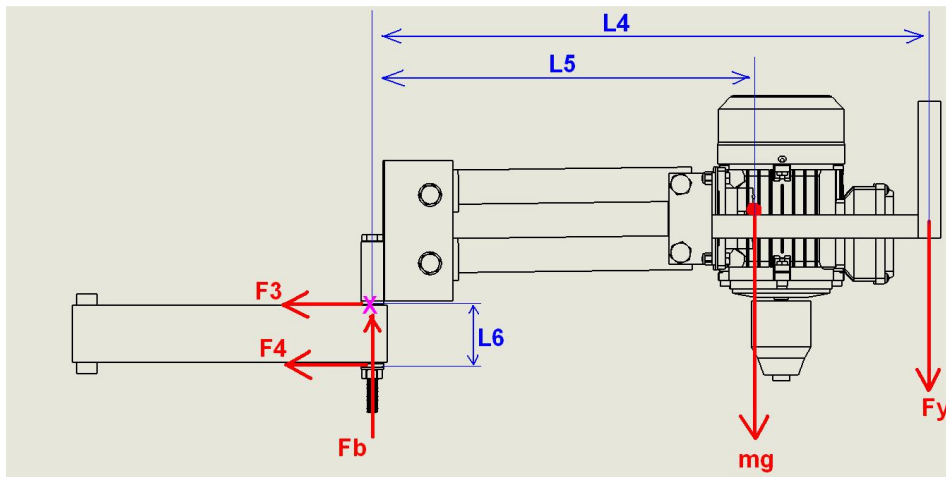
$$s = \text{Bussningens anliggande längd (mm)} = 4$$

$$d = \text{Bussningens håldiameter (mm)} = 10$$

$$\sigma = \frac{F}{s * d} = 11,5 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tillåtet } \sigma = 80 \text{ Mpa} \rightarrow \text{OK!}$$

### 8.4.3 Beräkningar krafter yttre led vikarm



$$L4 = 0,49 \text{ m}$$

$$L5 = 0,35 \text{ m}$$

$$L6 = 0,05 \text{ m}$$

$$m * g = 5,3 \text{ kg} * 9,82 \text{ m/s}^2 = 52 \text{ N}$$

$$Fy = 10 \text{ N (Från beräkning av fjädrar)}$$

$$\uparrow: Fb - m * g - Fy = 0$$

$$\rightarrow: -F3 - F4 = 0$$

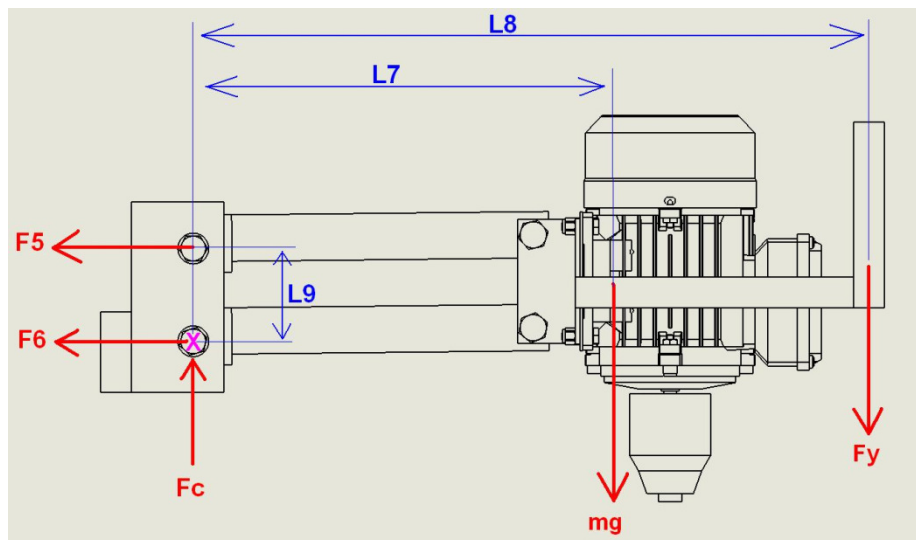
$$\curvearrowleft: Fy * L4 + mg * L5 + F4 * L6 = 0 \rightarrow F4 = \frac{(-Fy * L4) + (-mg * L5)}{L6} = -462 \text{ N}$$

#### Beräkningar bussningar ( SKF Art.Nr.PBMF101610M1)

Hålkanttryck:  $\sigma = \frac{F}{s * d}$        $F = \text{kraft (N)} = 462$   
 $s = \text{Bussningens anliggande längd (mm)} = 7$   
 $d = \text{Bussningens håldiameter (mm)} = 10$

$$\sigma = \frac{F}{s * d} = 6,6 \text{ Mpa} \quad \text{Tillåtet } \sigma = 50 \text{ Mpa} \rightarrow \text{OK!}$$

### 8.4.4 Beräkning krafter parallellarm



$$L7 = 0,27 \text{ m}$$

$$L8 = 0,44 \text{ m}$$

$$L9 = 0,06 \text{ m}$$

$$m * g = 5,3 \text{ kg} * 9,82 \text{ m/s}^2 = 52 \text{ N}$$

$$Fy = 10 \text{ N (Från beräkning av fjädrar)}$$

$$\uparrow: Fc - m * g - Fy = 0$$

$$\rightarrow: -F5 - F6 = 0$$



$$Mx: F5 * L9 - mg * L7 - Fy * L8 = 0 \rightarrow F5 = \frac{mg * L7 + Fy * L8}{L9} = 306 \text{ N}$$

#### Beräkningar bussningar ( SKF Art.Nr.PBMF101610M1)

$$\text{Hålkanttryck: } \sigma = \frac{F}{s * d}$$

$$F = \text{kraft (N)} = 306$$

$$s = \text{Bussningens anliggande längd (mm)} = 2$$

$$d = \text{Bussningens håldiameter (mm)} = 10$$

$$\sigma = \frac{F}{s * d} = 15,3 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tillåtet } \sigma = 50 \text{ Mpa} \rightarrow \text{OK!}$$













